

水産総合研究センター 研究報告

30

平成22年6月

BULLETIN OF
FISHERIES RESEARCH AGENCY

No. 30
JUNE 2010



独立行政法人 水産総合研究センター
神奈川県横浜市
FISHERIES RESEARCH AGENCY

Library
Pacific Islands Fisheries Science Center
NOAA Fisheries
Received 22 August 2010



Digitized by the Internet Archive
in 2026

水産総合研究センター研究報告

第30号

平成22年 6 月

目 次

(水産総合研究センター交付金プロジェクト研究成果報告)

日本周辺海域におけるブリの回遊と 海洋環境の関係解明に基づく来遊量予測手法の開発

Abstract	1
要 約	2
緒 言 岸田 達	3
1. 日本海における成長段階別の回遊様式の把握	
緒 言 木下貴裕	4
(1) 年齢別の分布・回遊様式の把握	
1) 年齢別回遊群について	
前田英章, 渡辺 健, 井野慎吾, 奥野充一	5
2) 日本海の回遊群ごとの遊泳水深と環境水温	
奥野充一, 渡辺 健, 井野慎吾, 前田英章	11
(2) 年齢・海域別回遊群ごとの個体数比率の把握	
渡辺 健, 井野慎吾, 前田英章, 奥野充一	17
(3) 対馬暖流域沿岸における加入主群の構造の把握	
井関智明, 吉田一範	25
2. 太平洋における成長段階別の回遊様式の把握	
緒 言 阪地英男	35
(1) 年齢別回遊群について	
阪地英男, 久野正博, 梶 達也, 青野怜史, 福田博文	36
3. ブリの移動・回遊と海洋環境の関係の解明と来遊量予測手法の開発	
緒 言 田 永軍	75
(1) 移動・回遊と海洋環境の関係の解明	
田 永軍, 渡辺 健, 井野慎吾, 奥野充一, 前田英章, 阪地英男	76
(2) 来遊量予測手法の開発	
田 永軍, 渡辺 健, 井野慎吾, 奥野充一, 前田英章, 阪地英男	93
文 献	103

日本周辺海域におけるブリの回遊と海洋環境の関係解明に基づく 来遊量予測手法の開発

Elucidation of the Relationship between Migration Pattern and Sea Environment, and Prediction Method of Relative Abundance for Yellowtail in the Japanese Waters.

Abstract : 1-(1)-1) Experiment of release and recapture using archival tag revealed that the area of migration of 0 and 1 year old yellowtail in the Sea of Japan is restricted small scale. 0 and 1 year old fish in western waters than Noto Peninsula stayed near release points all of the year. 0 and 1 year old fish in northern waters than Noto Peninsula, northern area of the Sea of Japan stayed among Noto Peninsula (Wajima) and off Aomori Prefecture. They did not move to west of Noto Peninsula even in winter, differ from in 1980s when ocean regime was cold.

1-(1)-2) Young yellowtail occurred in northern waters than Noto Peninsula even when the water temperature showed the minimum (March and April). The ambient water temperature exceed 10°C at that time according to the analysis of water temperature record obtained from archival tag record. So, it is supposed that young yellowtail can pass winter where waters exceed 10°C in Japan Sea. It is also supposed that yearly change of water temperature in winter (when water temperature is the minimum, i.e. March and April) may cause the change of migration pattern of young yellowtail in this area.

1-(2) It is estimated by synthesis of the past and present study that young yellowtail (0 to 2 years old) in the Sea of Japan form small scale migration group and the group west of Noto Peninsula and that northern part of Noto Peninsula do not exchange until their maturation age, 3 year old under present environment.

Catch number between at age 0 and at age 3 of the same year-class in each area show high correlation. It is suggested that the forecast of fishery of yellowtail may possible, if catch number of 0 year old fish in each migration group will be used as one of the index as strength of the year-class.

1-(3) Rearing experiment of pre-larval yellowtail at different water temperature revealed that growth of otholis is faster as water temperature is higher. Comparing this relationship and otholis of larval, juvenile and young yellowtail sampled in the East China Sea and the Sea of Japan, the possibility that spawning ground and period may shift from south of East China Sea in February to western waters of the Sea of Japan in June pointed out.

recent environment, and may not return to Tohoku region coast again even in summer. It seems that exchange among those migration groups or between migration group and resident group may occur at some probability.

3-(1) Long term fluctuation of yellowtail catch is largely influenced by long term fluctuation of water temperature. It seems that increase of water temperature have a good effect on migration of yellowtail to fishing ground. SST mapping in winter (March) shows that area where yellowtail can pass the winter (waters exceed 10°C) enlarged to northward than Noto Peninsula and Boso Peninsula in 1990s when warm regime had began.

3-(2) Considering the facts that almost relationships between abundance indices of each age showed positive correlation and therefore the dependence of each age abundance on the

abundance of 0 year old fish of the same year class is suggested, and that abundance of each age and water temperature usually showed positive correlation in each area, forecasting model of yellowtail abundance is examined using abundance of 0 year old fish in each area and water temperature as explanation variables. Abundance indices of fish over 2 years old in western waters and northern waters of the Sea of Japan, W_AI_2 and N_AI_2 got high decision coefficient if they are described as follows;

$$W_AI_2 = 0.502W_AI_0 + 0.232W_AI_1 + 0.377N_AI_2 + 0.131WT_winW - 3.111$$

$$N_AI_2 = 0.607W_AI_0 + 0.128N_AI_1 + 0.311WT_winW - 0.3697$$

Where W_AI_t, N_AI_t denote abundance index of t year old fish in western and northern waters, and WT_winW means water temperature of 50m depth in western waters of the Sea of Japan in winter of the year when the year class was 0 year old.

要 約

1-(1)-1) 2006～2008年に亘るアーカイバルタグなどを用いた標識放流の研究から以下のことが明らかとなった。すなわち、日本海におけるブリ0～1歳魚の移動範囲は、小規模であり、能登半島以西の0～1歳魚は放流海域付近に滞留し、大きな移動は行わない。日本海北部となる能登半島以北の0～1歳魚は能登半島（輪島）～青森沖の範囲に留まり、越冬期にも寒冷レジームであった1980年代と異なり能登半島以西には移動しない。

1-(1)-2) アーカイバルタグの水温履歴の解析から、最低水温期（3～4月）に能登半島以北の海域を遊泳していた若齢魚が見出され、環境水温は10℃以上であった。よって、現段階では、最低水温期に10℃以上の海域がブリ幼魚の越冬可能な海域であると仮定することができると思われた。これに基づき、ブリ幼魚の越冬可能な海域の範囲について経年変化を調べた結果、冬期（最低水温期3、4月）における水温分布の変化が年代による分布回遊の変動の主要因になっていた可能性があると思われた。

1-(2) 既往の知見および本研究の成果を総合すると、日本海側に来遊したブリ未成魚（0～2歳）は各地の沿岸で小規模な季節回遊を行い、回遊範囲を拡大しながら成長するものの、現在の温暖レジーム下では、産卵期を迎える3歳までは能登半島を境にして北部海域と中西部海域のそれぞれの海域で回遊するものと推定された。

日本海側の海域別・年齢別漁獲尾数の解析から、同一年級の0歳時の漁獲尾数と3歳時の漁獲尾数の間には高い正の相関がみられ、日本海側各海域において漁獲された0歳魚の尾数をキーとしてその後の同一年級群の漁況予報を行うことの可能性が示された。

1-(3) 異なる水温でブリ仔魚を飼育し、18～22℃の

範囲では水温が高いほど耳石の成長が良いという傾向を明らかにした。この関係と、実際に東シナ海、日本海で採集された仔稚幼魚の耳石の初期成長試料とを付きあわせることで、ブリの産卵海域は、産卵初期の2月には水温の高い東シナ海南部、その後徐々に低水温域に移行し、産卵終期の6月には日本海西部付近であった可能性が示された。

2 アーカイバルタグなどを用いた標識放流の研究により、我が国太平洋側に生息する成魚の回遊群は、(1)遠州灘－四国南西岸回遊群、(2)紀伊水道－薩南回遊群、(3)豊後水道－薩南回遊群に大きく分けられた。また、東北海域と外房との間の未成魚の季節的南北回遊も確認された。さらに、根付き群の存在が足摺岬周辺において確認された。東北海域と外房の間で季節的南北回遊を行った未成魚は、成魚となって相模湾以西に産卵回遊を行う可能性が示唆された。この成魚は現在の環境下では遠州灘－四国南西岸回遊群に吸収されてしまい、夏に再び東北海域に戻ることは少ないと推定された。ただし、回遊群間および回遊群と根付き群の間で乗り換えが起こることがあると考えられた。

3-(1) ブリの漁獲量は中長期的に水温に大きく影響され、水温の上昇がブリの来遊または漁況に有利に働くと考えられた。日本海側では水温のレジームシフトがブリの漁獲量変動と概ね同期していた。10℃を指標として冬季(3月)SSTのマッピングを行った結果、温暖レジーム下の1990年代にはブリの越冬可能な海域は、能登半島以北、並びに房総以北に広がったことが示された。

3-(2) 同一年級の年齢別来遊量指数は概ね正の相関関係を示し、各年齢の来遊量指数はその年級群の加入量(0歳)に大きく依存することが示唆されたこと、海域別・年齢別来遊量と水温は正の相関を示すことが多いことから、海域別0歳魚来遊量と水温を説明変数とする来遊量予測モデルを検討した。日本海西部海域、

並びに北部海域の2歳魚以上の来遊量指数 W_AI_2 , N_AI_2 は

$$\begin{aligned} W_AI_2 &= 0.502W_AI_0 + 0.232W_AI_1 + \\ &\quad 0.377N_AI_2 + 0.131WT_winW - 3.111 \\ N_AI_2 &= 0.607W_AI_0 + 0.128N_AI_1 \\ &\quad + 0.311WT_winW - 0.3697 \end{aligned}$$

で表すことで高い決定係数が得られた。ここで、 W_AI_t , N_AI_t は西部海域、北部海域の t 歳魚来遊量指数、 WT_winW は各年級が0歳時の冬季の日本海西部海域50 m深水温である。

緒 言

ブリ *Seriola quinqueradiata* は日本各地における重要な漁業資源であり、その漁況予測手法の高度化に関する要望は強い。ブリの漁況は日本海側でも太平洋側でも長い周期で大きな変動を示し、漁業経営の浮沈に大きな影響を与えてきた。重要魚種であるブリの漁況に関する研究歴は深く、これまでの研究からこの漁況変動の主因は海洋環境の変動に伴って生じるブリの回遊様式の変化であると考えられている(山本ら, 2007)。

対馬暖流域においては、ブリの未成魚(0~2歳)は各地の沿岸で小規模な季節回遊を行い回遊範囲は比較的狭いものの、大型の成魚(3歳以上)になると主産卵場である東シナ海の陸棚縁辺から北海道周辺ないし日本海中・西部に至る海域を往復回遊するようになる(井野ら, 2008)。日本海側では1970~80年代に北部海域(能登半島以北)で成魚の漁獲量が極端に低迷(年間数十トン)した後、1990年代に大きく増加した(約2千トン)。これは、1990年を境に何らかの要因で成魚の回遊様式が変動し、主産卵場である東シナ海の陸棚縁辺から北海道周辺に至る海域を往復回遊する成魚が増加したことによるものと考えられる。海洋の温暖レジームである1960年代以前には日本海北部に未成魚の越冬海域が形成され、寒冷レジームである1970~80年代は、それが形成されず、未成魚および成魚の分布域が西部に偏っていた。1990年以降の温暖レジームである現在、日本海北部に未成魚の越冬海域が形成されているか否かは不明であるが、その形成を窺わせる漁況が観察されている。

太平洋側についても漁況の長期変動は大きく、特に北部(千葉県以北)では1950年代から1970年代前半までと1990年代以降は豊漁傾向であるが、その間不漁期が続くなど、長期変動が顕著であった。成魚になっても東北地方から相模湾ないし熊野灘の間を回遊する群とそれより西部の群という2つの回遊様式が顕著であ

り、しかもその境界は年代により変化していたことが推察されている(田中, 1973)。

これらの知見からうかがえることは、主に東シナ海から対馬暖流、並びに黒潮によって日本沿岸各地に輸送され定着したブリがどのような分布様式を示し、分布様式の決定に海洋環境がどのように影響しているかを解明することで、若齢魚の漁況予報の精度が向上し、さらに若齢魚の構造と数量的な変動が把握されることで大型魚の漁況予報にも結びつくのではないかということである。そこで著者らは、2006年度から2008年度にかけて水産総合研究センターの運営費交付金プロジェクト研究を実施し、ブリの年齢別・海域別の回遊様式をアーカイバルタグなどによる標識放流実験で把握し、さらにそれぞれの回遊群の形成と環境要因の解明の解明し、日本海側では回遊群ごとの数量変動を把握することでブリの漁況予報技術を開発することを試みたので、その結果を報告する。

本プロジェクト研究の推進、並びに本稿のとりまとめに当たり、プロジェクト研究の評価委員として有益な助言、指摘を賜った東北大学大学院 南 卓志教授に深謝する。

(岸田 達)

1. 日本海における成長段階別の回遊様式の把握

緒言

過去に日本海で認められた寒冷期と温暖期で大きく異なるブリの漁況は、海洋環境の違いがブリの回遊様式に影響を与えたものと考えられる。特に若齢期における越冬環境の変化が成魚を含めた漁況の変化に強く影響を与えたと考えられるが、実証的な根拠に乏しい。近年、ブリの移動・回遊に対してアーカイバルタグによる研究が進み、高齢魚の移動・回遊については多くの知見が得られるようになった。しかし、若齢魚に対しては、アーカイバルタグの応用例は無く、若齢魚の移動・回遊については未解明の部分が多い。そこで、若齢魚を対象としたアーカイバルタグおよび通常タグを用いた調査とともに既往知見の再整理を行い、若齢魚の越冬に関する温暖期と寒冷期の違いに着目した調査研究を実施する必要がある。また、回遊様式の変化によって、漁況が実際どのように変化したのか、過去に遡った漁獲の詳細の把握は本研究の基礎的な資料である。

日本海で行われる若齢期から成魚期の、索餌場や越冬場での調査・研究に対し、産卵場での産卵親魚の挙動や回遊、産卵された仔稚魚の産卵期を推定するための研究は、ブリの生活史を通じた生態を把握するためには欠かすことができない。これら成長段階別の回遊様式の把握は、本プロジェクト研究の目的であるブリの漁況予報技術の開発のためには最も基本的で重要な部分である。

さらに、日本海沿岸各海域へ加入する主群のそれぞれの由来を推定するため、発生初期の耳石成長と水温の関係を実験的手法で解析した。この関係と、実際に天然海域で採集された仔稚魚、幼魚の耳石の初期成長試料とを付きあわせることで、日本海に來遊する稚幼魚の発生時水温から発生海域の推定を試みた。

(木下貴裕)

1. 日本海における成長段階別の回遊様式の把握

(1) 年齢別の分布・回遊様式の把握

1) 年齢別回遊群について

方 法

0～1歳の若齢魚を対象として、2006年5月から2008年12月にかけて、秋田県男鹿市沖、新潟県粟島沖、石川県輪島沖、福井県菜崎沖および美浜沖においてアーカイバルタグ（記録型標識）およびダートタグ（通常標識）を使用した標識放流調査を実施した（Fig. 1-1-1-1）。供試魚は井野ら（2008）と同様、当該海域で定置網によって漁獲されたものであり、漁獲後 LOTEC 社製アーカイバルタグの本体部を手術により腹腔内に埋め込むとともに尾叉長（cm）を測定し、直ちに放流した。またダートタグは、全ての個体の背部に2本V字状に装着した。

再捕位置からみた現在の回遊範囲を解析するため、

再捕された標識魚の放流結果と過去の標識放流結果（渡辺，1979；村山，1992）を比較し、年代による移動状況の違いを比較した。

また、アーカイバルタグのデータから得られた日出および日没の時刻、日ごとの遊泳位置（経度）、遊泳水深と水温をあわせ、井野ら（2008）の手法で処理および解析することによって、標識魚の遊泳位置を月ごとに推定した。

結 果

標識放流の実施状況 ダートタグを使用した標識放流は1,759個体に行い、再捕されたのは256個体、再捕率は15 %であった。アーカイバルタグを使用した

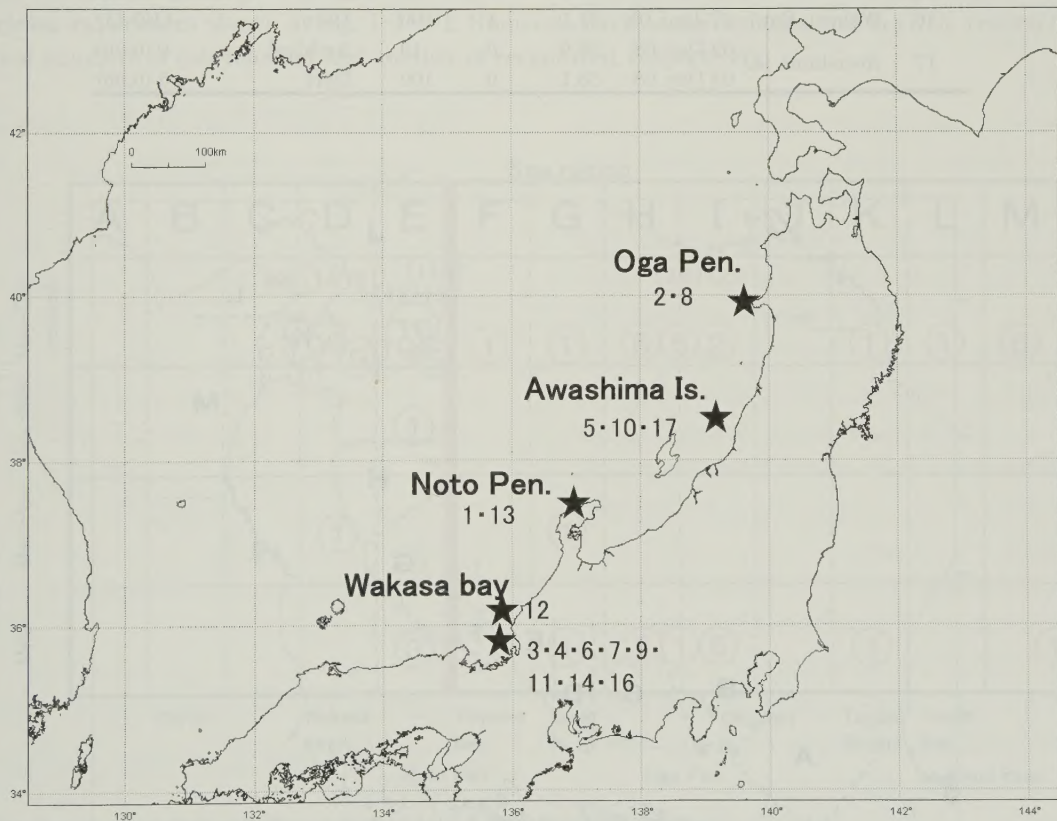


Fig. 1-1-1-1. 標識放流場所

Locations of release points of tagged yellowtail. Numerals 1 to 17 correspond to the number of tagging experiment shown in Table 1-1-1-1.

Table 1-1-1-1. 標識放流実施状況 A はアーカイバルタグ, D はダートタグ
Data of tagging experiment for yellowtail carried out in the Japan Sea from 2006 to 2008.

No. of tagging exp.	Area	Date	Release		No. released	Type of tag	No. recaptured (recapture rate)
			FL(ave.) (cm)	Age			
1	North coast of Noto Pen.	24 May 06	39.7	1	13	Archival	9 (0.69)
			38.9	1	31	Dart	13 (0.42)
2	Oga Pen.	02 Aug. 06	45.4	1	20	Archival	9 (0.45)
3	Wakasa Bay	28 Sep. 06	32.6	0	75	Dart	5 (0.07)
4	Wakasa Bay	30 Oct. 06	36.0	0	96	Dart	16 (0.17)
5	Awashima Is.	01 Nov. 06	36.7	0	19	Archival	4 (0.21)
			37.7	0	10	Archival	3 (0.30)
6	Wakasa Bay	20 Nov. 06	37.4	0	72	Dart	9 (0.13)
			37.5	0	132	Dart	21 (0.16)
7	Wakasa Bay	21 Dec. 06	37.5	0	132	Dart	21 (0.16)
8	Oga Pen.	05 June 07	36.8	1	9	Archival	2 (0.22)
9	Wakasa Bay	19 Oct. 07	32.6	0	100	Dart	13 (0.13)
10	Awashima Is.	16 Nov. 07	36.4	0	12	Archival	1 (0.08)
			37.1	0	12	Dart	0 (0.00)
11	Wakasa Bay	21 Dec. 07	38.7	0	12	Archival	1 (0.08)
			37.1	0	144	Dart	15 (0.10)
12	Wakasa Bay	09 Aug. 08	36.7	1	157	Dart	14 (0.09)
13	North coast of Noto Pen.	15 Aug. 08	58.0	2	90	Dart	16 (0.18)
			58.0	2	90	Dart	16 (0.18)
14	Wakasa Bay	15 Aug. 08	38.8	1	565	Dart	109 (0.19)
15	Oga Pen.	11 June 08	40.0	1	7	Archival	3 (0.43)
			38.5	1	85	Dart	17 (0.20)
16	Wakasa Bay	27 June 08	41.1	1	100	Dart	11 (0.11)
17	Awashima Is.	02 Dec. 08	38.9	0	19	Archival	0 (0.00)
		03 Dec. 08	38.1	0	100	Dart	5 (0.05)

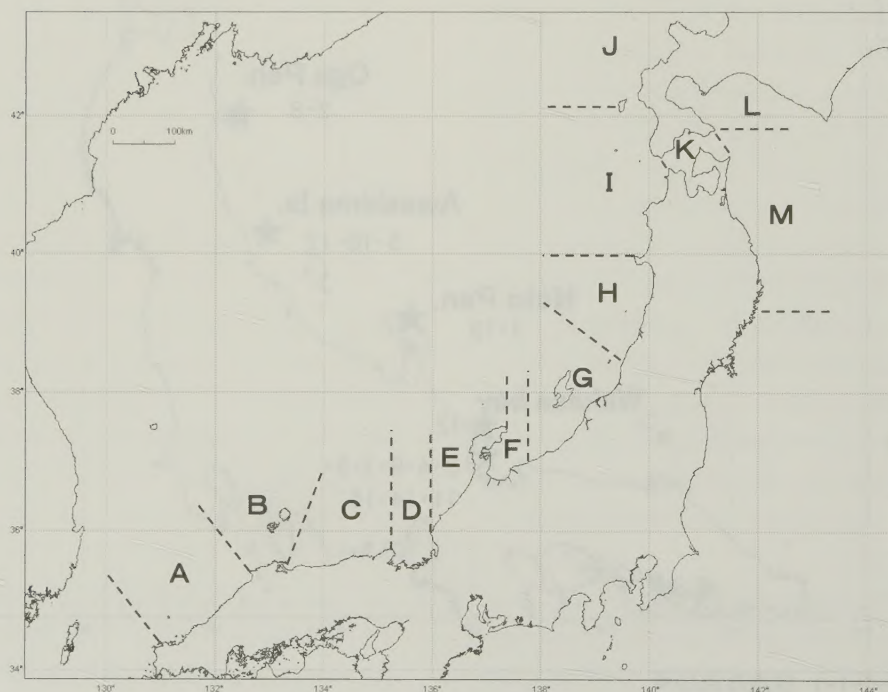


Fig. 1-1-1-2. 再捕海域

Recapture regions used in Fir. 1-1-1-3, 4 and text.

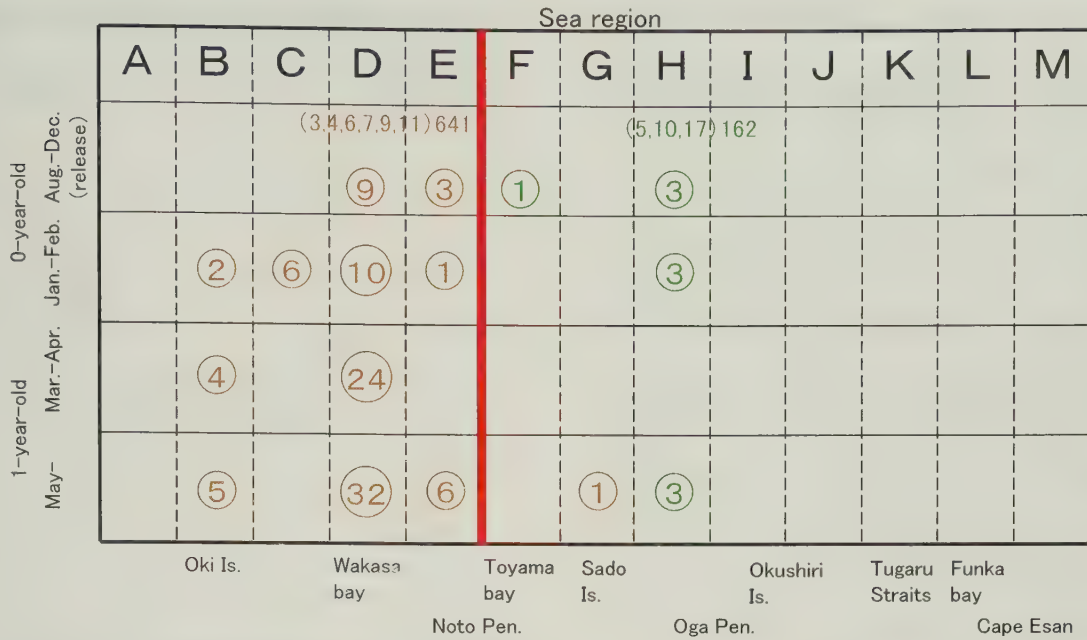


Fig. 1-1-1-3. 0歳魚の秋季における標識放流結果

括弧内の数字は Table 1-1-1-1に示した標識放流調査番号，横の数字は放流尾数，丸囲みの数字はエリアごとの再捕尾数を示す。A～Mは Fig. 1-1-1-2に示す海域を表す。

Relationship between release and recapture region of 0-year old yellowtail by tagging experiments. Regions A-M is shown in Fig. 1-1-1-2. Numerals in parentheses represent No. of release experiment shown in Fig. 1-1-1-1. Numerals fixed to parentheses and in circle represent total numbers of fish released and number of recaptured, respectively.

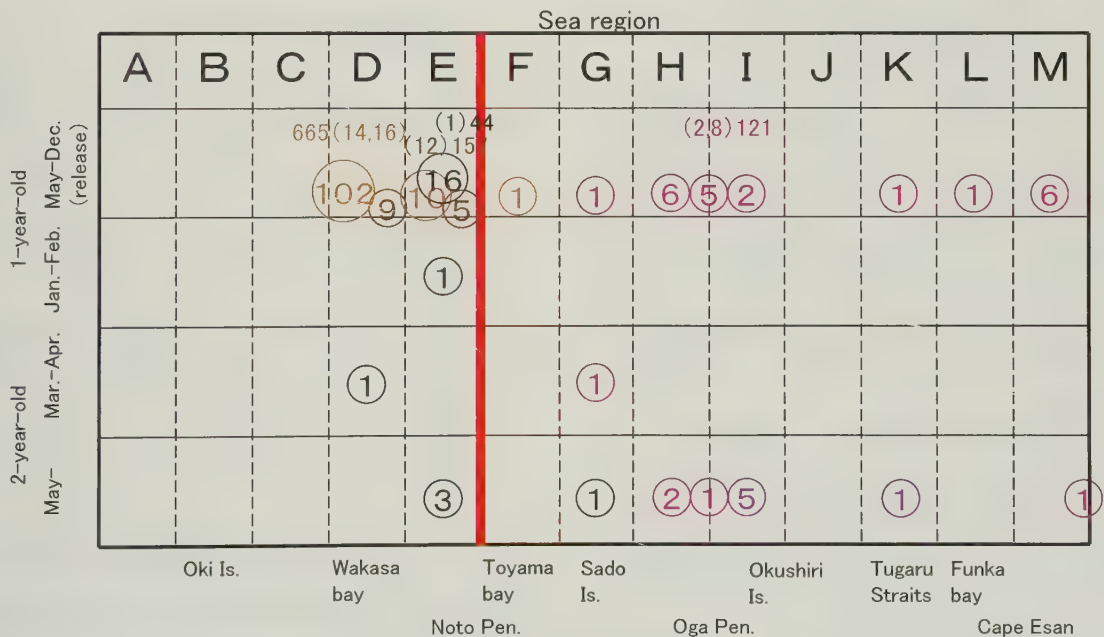


Fig. 1-1-1-4. 1歳魚の春季から秋季における標識放流結果

説明は Fig. 1-1-1-3に同じ。

Relationship between release and recapture region of 1-year old yellowtail by tagging experiments. Captions are the same as Fig. 1-1-1-3.

標識放流は121個体に行い、再捕は34個体、再捕率は28 %であった (Table 1-1-1-1)。

再捕位置からみた移動範囲の解析 過去の標識放流結果 (渡辺, 1979; 村山, 1992, 井野ら (未発表)) を参考に, 分布海域を13に区分し (Fig. 1-1-1-2), 新潟県粟島沖, および福井県美浜沖で2006年9月から2008年12月に放流を行った0歳魚の再捕結果を示した (Fig. 1-1-1-3)。図に記す数字は放流尾数, 丸囲みの数字は再捕尾数, 括弧内の数字は表1に記載した標識放流調査番号を表している (以下同じ)。

2006年11月, 2007年11月, 2008年12月に新潟県粟島沖 (H) で放流を行った標識魚は, ほとんどが放流海域で再捕されたが, 一部は放流海域の西の隣接海域で再捕された。また越冬期以降 (5月以降, 以下同じ) では, 3個体が放流海域で再捕された。

2006年9月, 10月, 11月, 12月, 2007年10月, 12月に福井県美浜沖 (D) で放流を行った標識魚は, 一部は東および西の隣接海域でも再捕されたが, ほとんどが若狭湾付近で再捕された。また越冬期以降も同様の傾向を示した。

以上のように, 0歳魚の再捕位置は, 放流海域とその隣接海域にはほぼ限られていた。また, 能登半島以北で放流した個体については, 越冬期以降にも能登半島以西への移動はみられなかった。

Fig. 1-1-1-4に秋田県男鹿沖, 石川県輪島沖, 福井県栄崎沖および美浜沖で2006年5月から2008年12月に放流を行った1歳魚の再捕結果を示した。

2006年8月, 2007年6月, 2008年6月に秋田県男鹿沖 (HとIの境) で放流を行った標識魚は, 放流海域で多く再捕されたが, 新潟県佐渡島から岩手県宮古までの, 他放流海域に比べ広い海域でも再捕された。また, 越冬期以降の再捕も広い海域で再捕された。

2006年5月に石川県輪島沖 (E) で放流を行った標識魚は, 越冬期以降でその一部が西の隣接海域である若狭湾で再捕されたが, その他のほとんどは放流海域で再捕された。

2008年5月に福井県栄崎沖 (E) で放流を行った標識魚は, 一部は東および西の隣接海域でも再捕されたが, ほとんどが放流海域で再捕された。

2008年5月, 6月に福井県美浜沖 (D) で放流を行った標識魚は, 一部は東の隣接海域でも再捕されたが, ほとんどが若狭湾付近で再捕された。

以上のように, 1歳魚の再捕位置は, 秋田県男鹿沖で放流した場合のみ広い範囲に渡っていたが, 他の放流海域では, 放流海域とその隣接海域にはほぼ限られていた。また, 能登半島以北で放流した個体については, 越冬期以降にも能登半島以西への移動はみられなかつ

Tag ID D0661: Aug.2006—Jun.2008

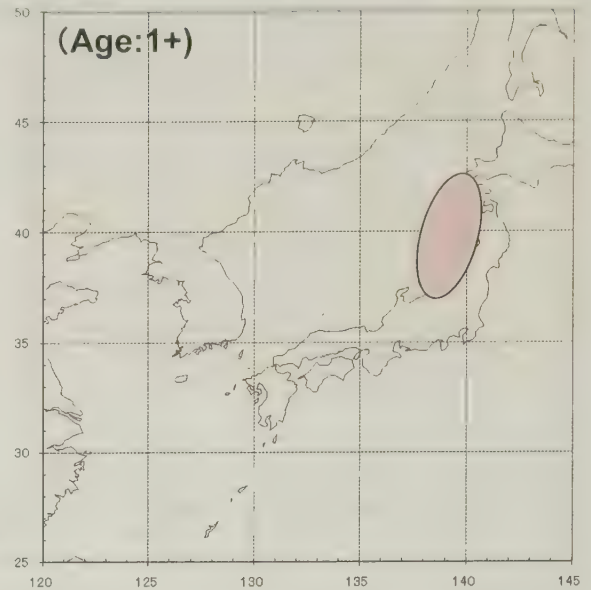


Fig. 1-1-1-5. 秋田県男鹿沖放流魚 (D0661) の10日ごとの回遊位置

Distributed area of ID D0661 yellowtail from August 2006 to June 2008. The tagged fish was released at Oga, Akita Pref., and recaptured at west coast of Aomori Pref..

Tag ID D0896: Nov.2006—Jun.2007

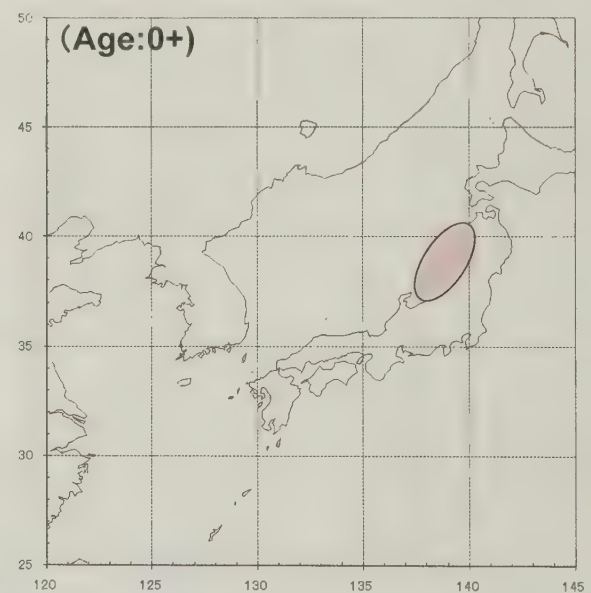


Fig. 1-1-1-6. 新潟県粟島沖放流魚 (D0896) の10日ごとの回遊位置

Distributed area of ID D0896 yellowtail from November 2006 to June 2007. The tagged fish was released at Awashima Is., Niigata Pref. and recaptured at Akita Pref..

Tag ID D0236: May 2006—May 2008

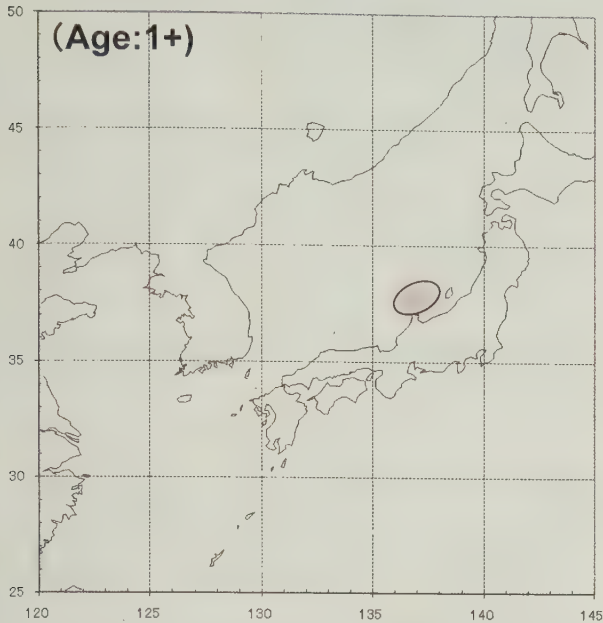


Fig. 1-1-1-7. 石川県輪島沖放流魚 (D0236) の回遊位置
Distributed area of ID D0236 yellowtail from May 2006 to May 2008. The tagged fish was released and recaptured at Wajima, Ishikawa Pref..

Tag ID D1719: Nov.2006—Aug.2008

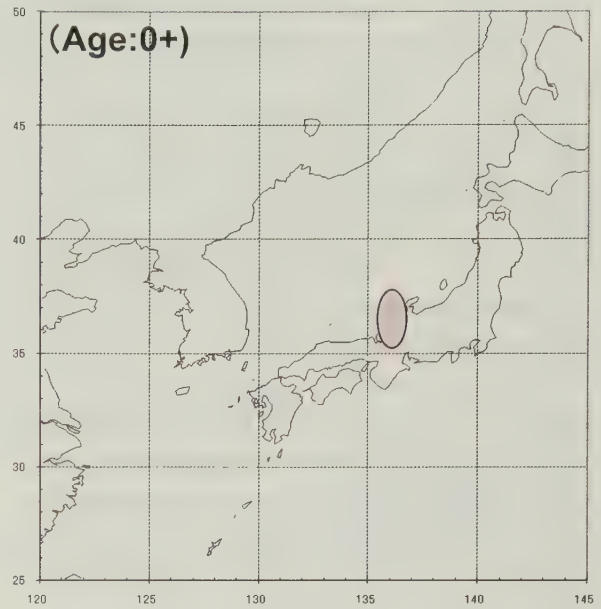


Fig. 1-1-1-8. 福井県美浜沖放流魚 (D1719) の回遊位置
Distributed area of ID D1719 yellowtail from November 2006 to August 2007. The tagged fish was released and recaptured at Mihama, Fukui Pref..

た。

アーカイバルタグ標識魚の遊泳位置の解析 日本海中北部の4海域で、アーカイバルタグを使用した標識放流調査を実施した。新潟県粟島沖および福井県美浜沖では0歳魚、石川県輪島沖および秋田県男鹿沖では1歳魚をそれぞれ対象に、計9回で延べ121尾にアーカイバルタグを装着して放流した。2009年3月末までの再捕は34個体、再捕率は28%であった (Table 1-1-1-1)。そのうち越冬個体数は、1歳魚が3個体、2歳魚が14個体であった。

標識魚の遊泳位置を月ごとに推定し、地図上にプロットしたもの (井野ら, 未発表) から、標識魚の代表的な移動範囲を図示すると以下の通りである。

Fig. 1-1-1-5は、8月に秋田県男鹿沖で標識放流を行った1歳魚の移動状況を示している。タグ番号D0661の個体は、青森県深浦で再捕される3歳の6月までの約2年の間、北海道道南から新潟県佐渡沖の範囲を移動していた。

Fig. 1-1-1-6は、11月に新潟県粟島沖で標識放流を行った0歳魚の移動状況を示している。タグ番号D0896の個体は、秋田県男鹿で再捕される1歳の6月までの約半年の間、秋田沖から新潟県佐渡沖の範囲を移動し、越冬場所は新潟県佐渡沖であると考えられた。

Fig. 1-1-1-7は、5月に石川県輪島沖で標識放流を行った1歳魚の移動状況を示している。タグ番号D0236の個体は、石川県輪島で再捕される3歳の5月までの約2年の間、データが読み取れた6月～翌3月の10ヶ月間は石川県輪島沖を滞留し、1歳時の越冬場所は輪島沖であると考えられた。

Fig 1-1-1-8は、11月に福井県美浜沖で標識放流を行った0歳魚の移動状況を示している。タグ番号D1719の個体は、福井県美浜で再捕される1歳の8月までの約9ヶ月の間、福井県沖を滞留し、越冬場所は若狭湾沖であったと考えられる。

以上のように、0～1歳魚の分布・移動範囲を検討すると、新潟県および秋田県で放流した群はこの両県沖合、能登半島沖で放流した群は概ね石川県沖合、福井県沖の群は若狭湾内で滞留しており、若齢期の移動範囲はあまり広くなく、ほぼ1～2県程度の範囲に留まっていた。また、能登半島以北で放流した群については、能登半島以北での越冬が確認され、それ以降も能登半島以西へ移動した個体がみられず、移動範囲は能登半島以北に限られていた。

考 察

本研究で標識放流された2006年から2008年の0～1歳魚の移動範囲は放流海域および隣接海域にとどまることが殆どであり、能登半島以西の日本海中西部では隠岐～能登半島西岸、能登半島以北では能登半島（輪島）～佐渡の範囲であり、両者の間に交流は殆ど見られなかった。なお、本研究では扱えなかったが、井野ら（未発表）によれば日本海西部の隠岐以西については、対馬～隠岐の範囲で同様に小規模な回遊を行う未成魚群が存在する可能性がある。

日本海中・北部の0，1歳魚の回遊パターンについて年代ごとの変化をみると、村山（1992）は対馬暖流域における1960年代と1980年代の標識放流の結果を比較し、日本海中西部（少なくとも対馬周辺海域から山陰沿岸）では、1980年代は1960年代以前と同様、大きな移動を示さなかったのに対し、日本海北部（能登半島以北）では、1960年代は能登半島以北で越冬したが、1980年代は能登半島以北では越冬せず、能登半島を超えて南下し、成長後も能登半島以北へ北上しないことを報告し、その原因として水温分布の変化が関係する

ことを示唆している。

今回の結果では、能登半島以北の群は越冬季においても能登半島以西に越冬回遊せず、0～1歳魚が能登半島以西に移動していた1970年代～1980年代とは異なり、1960年代以前の回遊様式と同様であったと考えられた。一方、能登半島以西の若狭湾付近～隠岐諸島では、年代による移動状況に変化が見られないと考えられた。これらのことから日本海におけるブリの0，1歳魚は能登半島以北の北部群の回遊パターンが年代によって大きく変化することが明らかとなった。その原因は環境要因の変化と考えられているが後の節で更に考察を行う。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、揺光水産、(有)粟島定置、大沢定置網組合、日向定置網漁業組合、丹生大敷網組合、菜崎定置網組合の方々にご協力を頂きました。深謝いたします

（前田英章，渡辺 健，井野慎吾，奥野充一）

執筆者連絡先

前田英章（Hideaki Maeda） 福井県水産試験場 〒914-0843 敦賀市浦底23-1（Fukui Pref. Fish. Exp. Station, Urazoko Tsuruga, Fukui 914-0843 Japan）

渡辺 健（Ken Watanabe） 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364（Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan）

井野慎吾（Shingo Ino） 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364（Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan）

現所属：富山県農林水産部（present address: Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Division, Shin-Sougawa Toyama, Toyama 930-8501 Japan）

奥野充一（Jun-ichi Okuno） 石川県水産総合センター 〒927-0435 石川県鳳珠郡能登町字宇出津新港3-7（Ishikawa Pref. Fish. Res. Center, Ushitsu-shinko, Noto, Housu, Ishikawa 927-0435 Japan）

1. 日本海における成長段階別の回遊様式の把握
(1) 年齢別の分布・回遊様式の把握
2) 日本海の回遊群ごとの遊泳水深と環境水温

方 法

2006年5月から2008年12月にブリ0～2歳魚を対象としてアーカイバルタグによる標識放流調査を実施した。ここでは、1-(1)-1の結果を踏まえ、能登半島を境として交流が見られなかった能登以西と能登以北の回遊群ごとに分けて、日本海で海水温が最も低くなる3～4月の標識魚の遊泳水深と環境水温を解析した。ここで、アーカイバルタグの遊泳水深と環境水温のデータの計測間隔は128秒である。回収された各個体の3～4月のデータを抽出し、遊泳水深については

5 m 間隔の水深別頻度、環境水温については1℃間隔の水温別頻度を調べた。各個体の頻度分布を積み重ねることにより、代表的な値を調べた。なお、ここでは便宜的に年齢起算日を3月1日としているため、最低水温期（3～4月）のデータは1歳魚からになる。さらに、本研究により明らかにした遊泳環境と年代別の4月上旬の50 m 層水温分布の関係から、ブリ若齢魚の越冬海域の変化の原因について考察した。水温分布図は、日本海区水産研究所の「日本海水温データベース (<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/shigen/suion/Page.htm>)」を引用した。

Table 1-1-2-1 解析に用いた再捕魚の情報
Information on the recaptured yellowtails used in this study.

Tag No.	Release data				Recapture data				
	Location	Date	F.L. (cm)	Age	Location	Date	F.L. (cm)	B.W. (kg)	Liberty time in
D1716	Wakasa Bay	20 Nov. 2006	38	0	Wakasa Bay	30 Apr. 2007	38	0.8	161
D1719	Wakasa Bay	20 Nov. 2006	37	0	Wakasa Bay	04 Aug. 2007	-	-	257
D0575	North coast of Noto Pen.	24 May 2006	41	1	North coast of Noto Pen.	29 May 2007	58	3.2	370
D0235	North coast of Noto Pen.	24 May 2006	39	1	North coast of Noto Pen.	14 June 2007	57	2.9	386
D0896	Awashima Is.	05 June 2007	39	0	Off Akita Pref.	05 June 2007	39	0.8	216
D0891	Oga Pen.	02 Aug. 2006	47	1	Off Niigata Pref.	27 Mar. 2007	60	2.9	237
D0865	Oga Pen.	02 Aug. 2006	48	1	Off Yamagata Pref.	21 May 2007	58	2.5	292
D0893	Oga Pen.	02 Aug. 2006	46	1	Off Yamagata Pref.	08 June 2007	58	2.4	310
D0821	Oga Pen.	02 Aug. 2006	43	1	Off Akita Pref.	04 July 2007	60	2.9	336
D0917	Oga Pen.	02 Aug. 2006	47	1	West coast of Aomori Pref.	05 Jan. 2008	69	4.8	521
D0665	Oga Pen.	02 Aug. 2006	45	1	West coast of Aomori Pref.	02 June 2008	-	-	670
D0661	Oga Pen.	02 Aug. 2006	49	1	West coast of Aomori Pref.	02 Aug. 2008	-	6.5	695

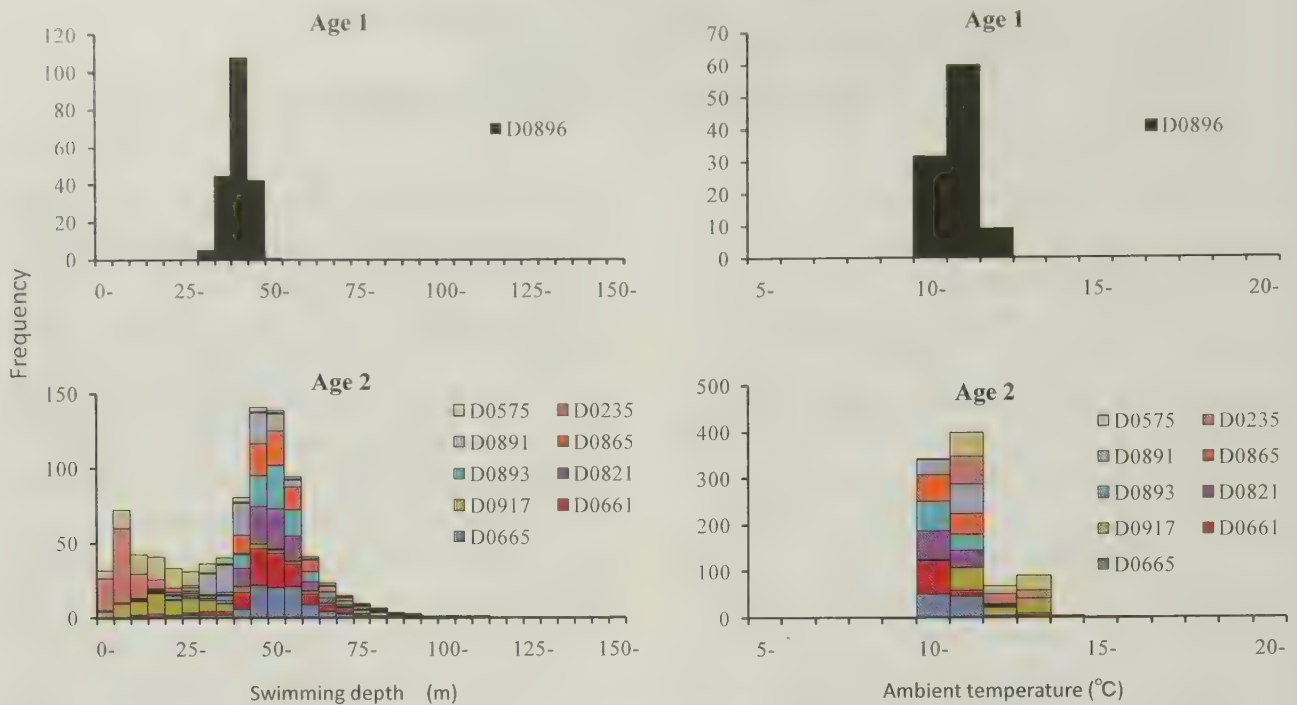


Fig. 1-1-2-1 能登以北で越冬したブリ若齢魚の遊泳水深と環境水温（3月，4月）

Histogram of swimming depth and ambient temperature of the young age yellowtail in winter (from March to April) in northern waters of Noto Pen. Each frequency was calculated by recoded data obtained from D0896, D0665, D0917, D0661, D0893, D0821, D0891, D0865, D0575 and D0235.

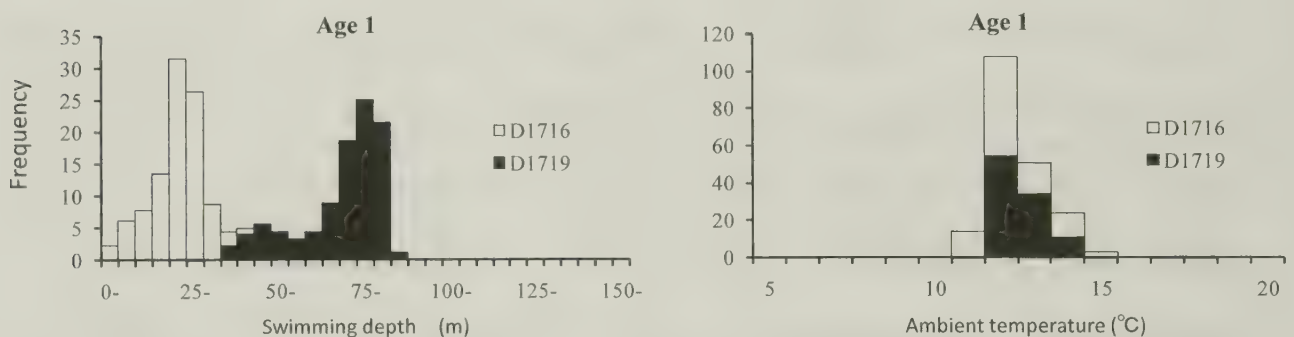


Fig. 1-1-2-2 能登以西で越冬したブリ若齢魚の遊泳水深と環境水温（3月，4月）

Histogram of swimming depth and ambient temperature of the young age yellowtail in winter (from March to April) in western waters of Noto Pen. Each frequency was calculated by recoded data obtained from D1716 and D1719.

結 果

本調査で解析に供した12個体の放流・再捕に関するデータを Table 1-1-2-1に示した。内訳は，最低水温期に能登以北の海域を遊泳した標識魚が1歳魚で1個体，2歳魚で9個体，能登以西（若狭湾付近）の海域を遊泳した標識魚が1歳魚で2個体であった

まず，最低水温期に能登以北の海域を遊泳した個体の遊泳水深と環境水温の頻度分布を1，2歳魚に分けて Fig. 1-1-2-1に示した。遊泳水深は，1，2歳とも50 m 層付近の遊泳頻度が高く，100 m以浅であった。遊泳時の環境水温は，1，2歳魚とも10℃以上であった。次に，能登以西の海域を遊泳した個体（1歳魚）の遊泳水深と環境水温の頻度分布を Fig. 1-1-2-2に示

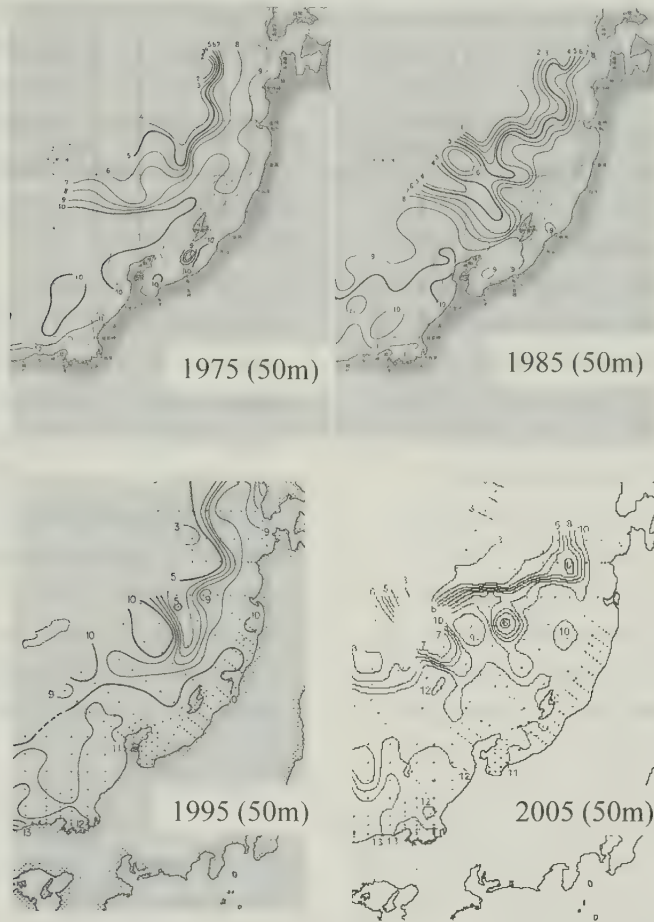


Fig. 1-1-2-3 年代別の4月上旬の水温分布

Horizontal distributions of water temperature at the depth of 50 m in the early month of April 1975, 1985, 1995, and 2005 in the coastal Japan Sea (Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.).

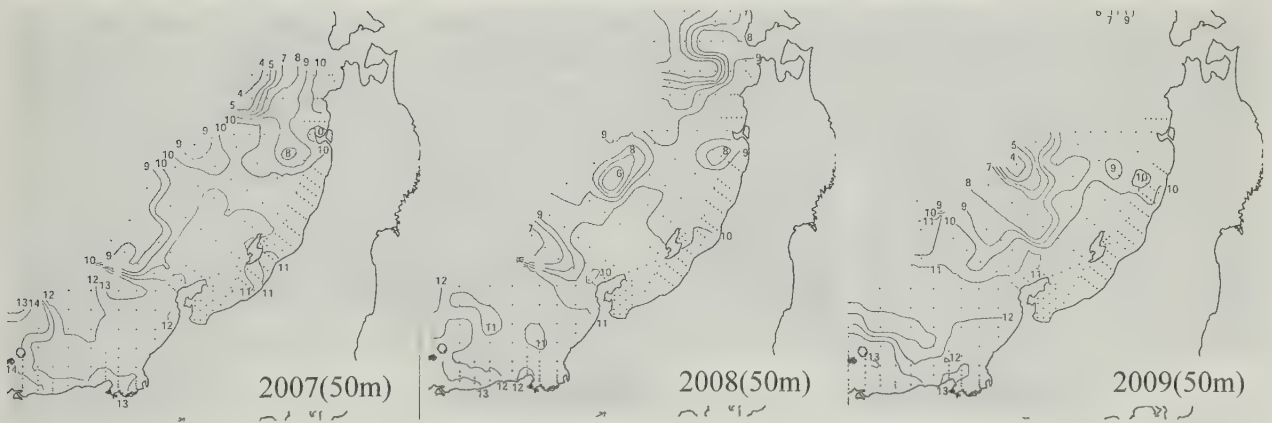


Fig. 1-1-2-4 2007～2009年の4月上旬の水温分布

Horizontal distributions of water temperature at the depth of 50 m in the early month of April from 2007 to 2009 in the coastal Japan Sea (Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.).

した。遊泳水深の分布は、2 個体間で大きく異なり、それぞれ25 m 前後と75 m 前後の頻度が高かった。環境水温は、データ数が少ないものの、ほぼ11 °C 以上であった。

次に、3～4 月における日本海の海水温分布の経年変化を調べた。1970年代以降、年代別（真中の年で代表）の4 月上旬の50 m 層水温分布を Fig. 1-1-2-3 に示した。それによると、10 °C 等温線は、1975年および1985年には能登半島近辺あるいは能登半島西側に位置していた。しかし、1995年には大きく能登半島北側へ北上し、2005年には津軽海峡西側に位置していた。すなわち、1990年代以降、水深50 m の10 °C 以上の分布域は能登以北の海域に大きく広がっていた。これらの結果は井野ら（2006）等の報告と一致した。

考 察

今回、3～4 月の最低水温期に能登以北および若狭湾付近の海域を遊泳していた12個体のブリ若齢魚の解析結果から、遊泳海域の環境水温はそれぞれ10 °C お

よび11 °C 以上であった。

標識放流調査が実施された2007年～2009年の3～4 月において、当該海域は10 °C 以上の環境であった（Fig. 1-1-2-3）。したがって、標識魚が10 °C 以下の環境を避けて移動していたか否かという点は判断出来ないが、現在の海洋環境においては、1、2 歳魚のブリの分布環境として10 °C が指標となる可能性が見いだされた。

井野ら（2007）は、アーカイバルタグを用いた調査を行い、3 歳魚以上の大型ブリでは9 °C 以上の海域を遊泳していたと報告している。原田（1966）は、飼育実験の結果から、若年魚ほど好適水温が高くなり、低水温の若齢魚への影響も著しい傾向があると報告している。このことから、自然の海域においても、ブリ若齢魚の回遊水温帯が高めになる可能性が示唆されるが、詳細は今後の検討課題である。

遊泳水深に関しては、能登以北では個体ごとに主遊泳水深に違いが見られたが、総じて50 m 前後の遊泳頻度が高かった。一方、能登以西では2つの水深層に遊泳頻度のピークが見られた。

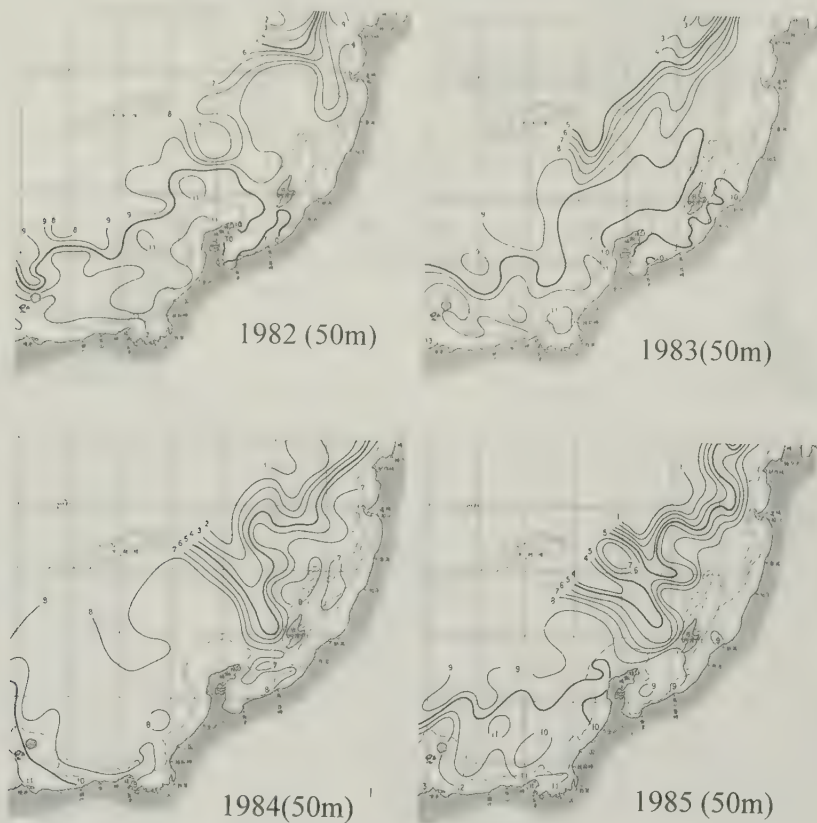


Fig. 1-1-2-5 1982～1985年の4月上旬の水温分布

Horizontal distributions of water temperature at the depth of 50 m in the early month of April from 1982 to 1985 in the coastal Japan Sea (Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.).

この時期における遊泳水深層の水温は、冬季の鉛直混合によりほぼ均一であるため、ブリが主に海底付近にいたと仮定すれば遊泳水深層の違いは海底水深を反映していることも考えられる。

今回、アーカイバルタグ調査によって得られた本種の遊泳水深と環境水温に関する結果は、天然魚の遊泳環境を直接的に観測していることから、分布回遊の変化および漁況・来遊予測を行うための指標として利用し得ることが示唆された。

村山（1992）は、富山湾以東で行った標識放流調査の結果から、1960年代に比べて1980年代には富山湾以東の沿岸域に來遊した0, 1歳魚は越冬期には能登半島以西に移動し翌年以降も能登半島以北に回遊しない傾向を指摘している。さらに、この原因について、渡辺（1978）が指摘した越冬場の指標水温である11月上・中旬の100 m 深における16～17℃等温線に着目して、海洋環境（生息環境）の変化による影響を検討した。その結果、1982年および1984年では指標水温よりも高い海域が富山湾以東に広がっていたことから、11月の越冬場指標水温の分布の変化が影響したことを否定している。しかし、筆者らが示した水深50 m の10℃等温線を指標として、4月上旬の水温分布（Fig. 1-1-2-5）を見ると、少なくとも1985年4月にはブリ若齢魚の回遊範囲の変化（西進傾向）を水温によって説明することができ、能登以北で越冬に適した水温はなかったことが示された。

その前後の年においても、能登以北で10℃を指標とした越冬可能な海域は1990年代以降に比べてかなり狭かった。一方、1990年代以降、水深50 m の10℃等温線が北方へ拡がりを示している。加えて2006年以降の標識放流調査の結果では、能登以北で放流したブリ若齢魚が能登以西に殆ど移動しないことから（前田ら、本報告書1-(1)-1）、能登以北の海域に留まる環境が広く形成されたものと考えられる。さらに、当該海域では2歳魚以上の漁獲量も90年代初めに急が増えて、80年代に比べて高い水準で推移した（井野ら、2006）。このように、水深50 m 深の10℃等温線が能登以北の海域に北上した時期と当該海域で2歳魚以上の漁獲量が増えた時期がほぼ一致していることから、越冬期（最低水温期3～4月）における水温分布の変化が年代による分布回遊の変動の主要因になった可能性が示唆された。したがって、越冬期の海洋環境が1980年代の寒冷期から1990年代以降の温暖期に移行し（田ら、本報告書3-(1)）、能登以北で越冬できる海洋環境が広く形成されたため、能登以西への越冬回遊が見られなくなったと推察される。しかし、能登以西の群が環境的には問題のない北部への回遊を行わない原因など、現在の分布様式が水温分布のみでは説明しきれない部分もあり、能登半島のような特徴的な地形が分布の制限要因となっている可能性なども含め、今後の検討課題としたい。

（奥野充一、渡辺 健、井野慎吾、前田英章）

執筆者連絡先

奥野充一（Jun-ichi Okuno） 石川県水産総合センター 〒927-0435 石川県鳳珠郡能登町宇出津新港3-7 (Ishikawa Pref. Fish. Res. Center, Ushitsu-shinko, Noto, Housu, Ishikawa 927-0435 Japan)

渡辺 健（Ken Watanabe） 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)

井野慎吾（Shingo Ino） 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)

現所属：富山県農林水産部 (present address: Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Division, Shin-Sougawa Toyama, Toyama 930-8501 Japan)

前田英章（Hideaki Maeda） 福井県水産試験場 〒914-0843 敦賀市浦底23-1 (Fukui Pref. Fish. Exp. Station, Urazoko Tsuruga, Fukui 914-0843 Japan)

1. 日本海における成長段階別の回遊様式の把握
(2) 年齢・海域別回遊群ごとの個体数比率の把握

方 法

年齢別の回遊様式および移動範囲 年齢・海域別回遊群ごとの個体数を把握するためには、それぞれの年齢および回遊群の生息範囲を詳細に把握する必要がある。井野ら（2008）、井野ら（未発表）は、2歳以上のブリについて、記録型標識（アーカイバルタグ）を用いた標識放流を1999年1月から2005年5月にかけて、富山県水見沖および魚津沖（富山湾）、長崎県対馬沖（対馬海峡）、新潟県粟島沖、石川県輪島沖（能登半島）、福井県美浜沖（若狭湾）において実施した。また、筆者らは、同様の目的で記録型標識を用いた標識放流を、2006年5月から2008年12月にかけて、秋田県男鹿市沖、新潟県粟島沖、石川県輪島沖、福井県美浜沖（若狭湾）において実施しており（Table 1-2-1）、これらの標識放流調査によって得られた結果から、移動範囲や回遊様式を年齢別に区別することを試みた。

日本海におけるブリの年齢別漁獲尾数の算出 年齢別の回遊様式および移動範囲の調査解析結果を踏まえ、1995～2007年について日本海北部（青森県～能登半島北岸）、日本海中西部（能登半島西岸～長崎県）の年齢別漁獲尾数を以下の方法で算出した。

まず、各県の試験研究機関がとりまとめた月別・年齢別・銘柄別漁獲量および市場調査による体長およ

び体重の測定データを基に年齢別・月別漁獲量を整理し、月別漁獲量を当該月の平均魚体重で除して算出した。

結 果

標識魚の移動状況と回遊パターン 推定されたブリの年齢別移動範囲および回遊様式のイメージをFig. 1-2-1-A, B, C, D, Eに示した。また、2006年から実施した0歳から1歳の未成魚の標識放流結果では、能登半島以北の未成魚は1歳の冬期（12～2月）および2歳の冬期（同）にも能登半島以北に留まり越冬した。また、若狭湾周辺で放流した未成魚は能登半島以北へ移動しなかった（井野ら 未発表）このことから、ブリ未成魚（0～2歳）は各地の沿岸で小規模な移動を行いながら成長し、3歳の南下期まで、能登半島以北と以西の各海域で生育するものと推測された。

これらのことから、3歳まで両者の生育海域が混合しないものと考え、ブリの年齢別漁獲尾数を、北部海域および中西部海域に分けて算出した。

日本海におけるブリの年齢別漁獲尾数 日本海北部海域および中西部海域における各年級の年齢別漁獲尾数の計算結果をTable 1-2-2, 1-2-3に示した。また、0歳時の漁獲尾数と同一年級における1歳から3歳魚

Table 1-2-1 ブリ0，1歳魚を対象としたアーカイバルタグ標識放流再捕結果
Data of release and recapture experiment on 0 and 1 year old yellowtail in the Japan Sea.

Release data					Recapture data			
Release point	Date	Age	Number Released	F. L. (cm)	No. recaptured		passed winter	
					fish	data	age 1	age 2
Wakasa Bay	20 Nov. 2006	0	10	36-40	4	3	2	
Wakasa Bay	21 Dec. 2007	0	12	37-40	—	—		
North coast of Noto Pen.	24 May. 2006	1	13	38-42	9	9		4
Awashima Is.	01 Nov. 2006	0	19	34-39	4	2	1	
Awashima Is.	16 Nov. 2007	0	12	34-40	1	—		
Awashima Is.	02 Dec. 2008	0	19	37-43	1	—		
Oga Pen.	02 Aug. 2006	1	20	41-49	11	10		9
Oga Pen.	05 Jun. 2007	1	9	36-39	2	1		1
Oga Pen.	11 Jun. 2008	1	7	37-43	3	1		
Total			121		34	26	3	14

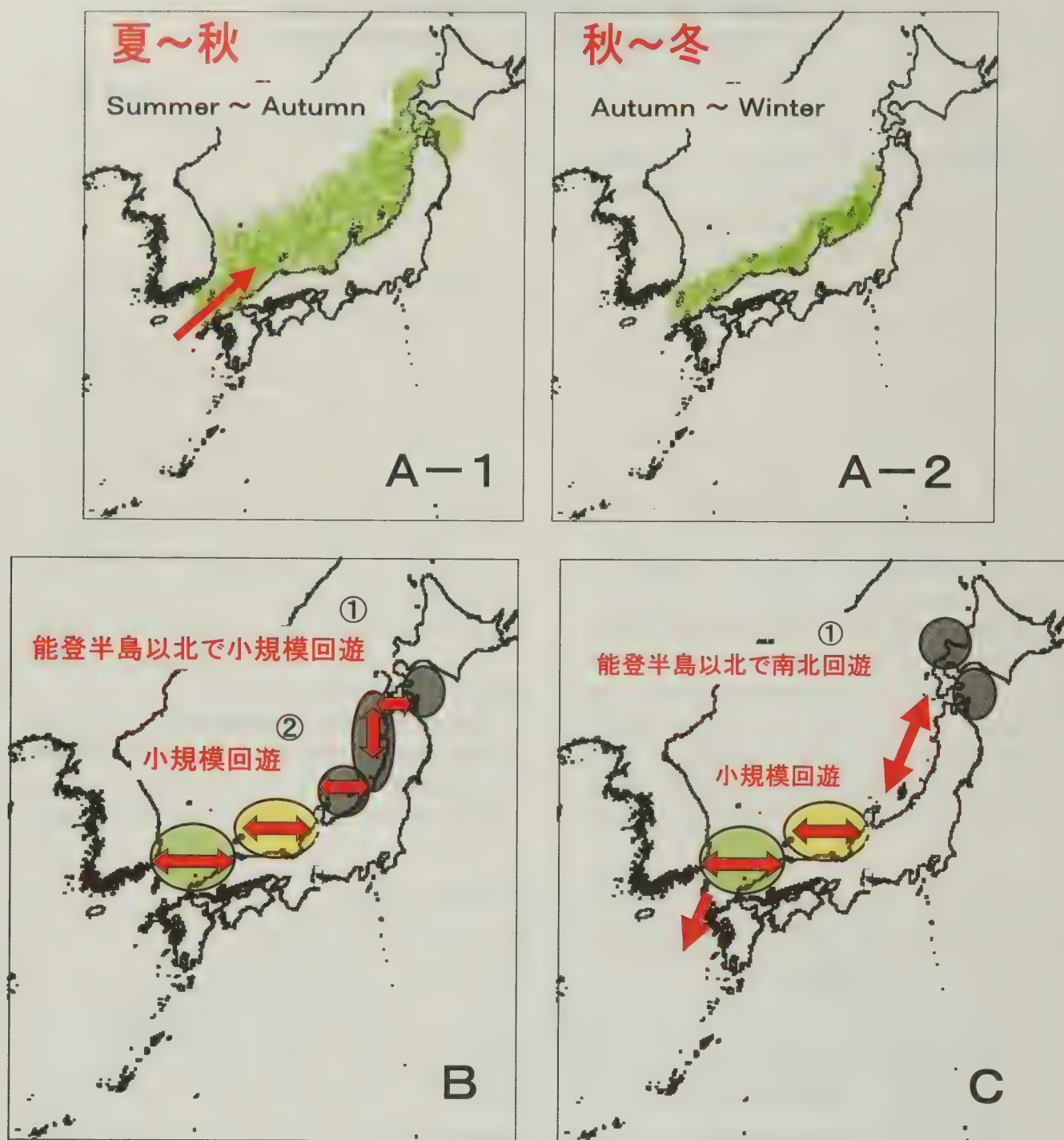


Fig. 1-2-1. 対馬暖流域におけるブリ年齢別回遊パターン

A: 0歳 (渡辺 (1978) より), B: 1歳 (ガンド), C: 2歳, D: 3歳 (北上期 (左), 南下期 (右)), E: 4歳以上 (北上期 (左), 南下期 (右))

Migration patterns of yellow tail in Tsushima Warm Current Area.

A: 0 year old (after Watanabe (1978)). B: 1 year old; ① Small scale migration patterns in the north of Noto Pen., ② Small scale migration patterns. C: 2 years old; ① north- and southward migration in the north of Noto Pen., ② Small scale migration patterns. D: 3 years old; left; northward period (① spawning ground, ② small scale migration), right; southward period (to the west of Noto Pen.); E: 4 years old and over: left; northward period (① spawning ground, ② migration to the east coast of Korea Pen., ③ migration to the northern part of Japan Sea, ④ migration to the middle and western part of Japan Sea), right; southward period.

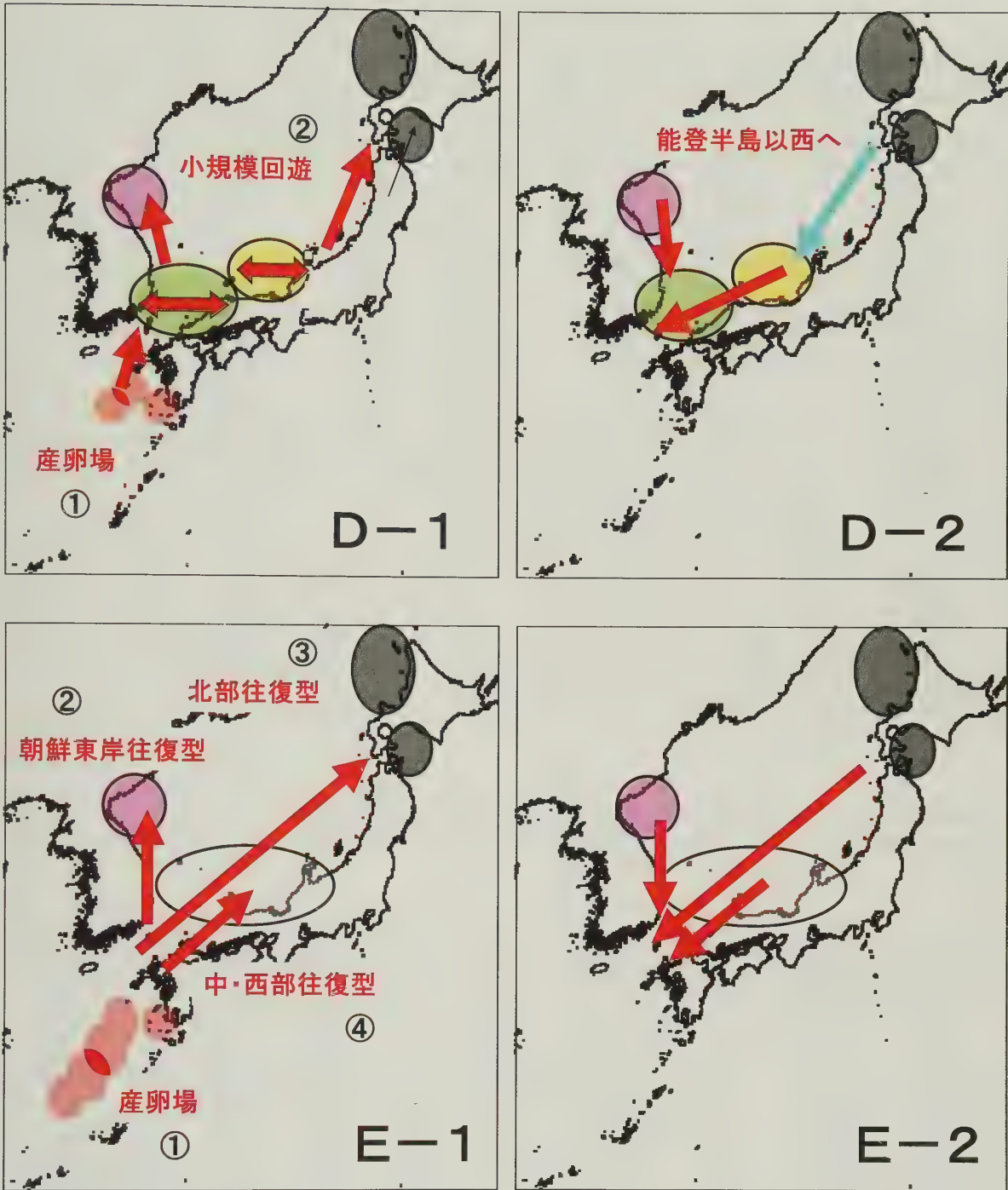


Fig. 1-2-1. 対馬暖流域におけるブリ年齢別回遊パターン

A : 0歳 (渡辺 (1978) より), B : 1歳 (ガンド), C : 2歳, D : 3歳 (北上期 (左), 南下期 (右)), E : 4歳以上 (北上期 (左), 南下期 (右))

Migration patterns of yellow tail in Tsushima Warm Current Area.

A : 0 year old (after Watanabe (1978)). B : 1 year old; ① Small scale migration patterns in the north of Noto Pen., ② Small scale migration patterns. C : 2 years old; ① north- and southward migration in the north of Noto Pen., ② Small scale migration patterns. D : 3 years old; left; northward period (① spawning ground, ② small scale migration), right; southward period (to the west of Noto Pen.); E : 4 years old and over: left; northward period (① spawning ground, ② migration to the east coast of Korea Pen., ③ migration to the northern part of Japan Sea, ④ migration to the middle and western part of Japan Sea), right; southward period.

Table 1-2-2. 日本海北部海域におけるブリ年級別・年齢別・漁法別漁獲尾数

Catch number of yellowtail by age and fishing metod for the same year class in northern waters of Japan Sea.

year class	0 year old			1 year old			2 years old			3 years old and over		
	set net	purse	total	set net	purse	total	set net	purse	total	set net	purse	total
1981	7,016,861		7,016,861	32,078		32,078	8,159		8,159	264		264
1982	7,558,761		7,558,761	333,694		333,694	1,826		1,826	232		232
1983	5,990,120		5,990,120	72,568		72,568	51		51	1,522		1,522
1984	6,082,820		6,082,820	139,797		139,797	8,232		8,232	101		101
1985	4,226,543		4,226,543	101,565		101,565	1,198		1,198	1,710		1,710
1986	3,869,806		3,869,806	44,068		44,068	3,447		3,447	1,209		1,209
1987	9,833,633		9,833,633	84,718		84,718	55,295		55,295	34,125		34,125
1988	3,068,862		3,068,862	118,735		118,735	43,938		43,938	39,981		39,981
1989	3,200,672		3,200,672	189,269		189,269	97,635		97,635	76,058		76,058
1990	10,719,800		10,719,800	206,116		206,116	167,981		167,981	92,316		92,316
1991	4,558,810		4,558,810	205,813		205,813	89,026		89,026	93,479		93,479
1992	3,858,100		3,858,100	108,772		108,772	94,891		94,891	84,519	0	84,519
1993	2,603,144		2,603,144	136,019		136,019	45,770	4,946	50,716	62,168	0	62,168
1994	8,117,790		8,117,790	210,173	199,979	410,153	91,309	508	91,817	140,026	0	140,026
1995	8,998,798	81,280	9,080,078	164,174	56,941	221,116	105,717	2,555	108,272	86,377	0	86,377
1996	10,669,911	260,465	10,930,376	190,805	98,090	288,894	189,344	167	189,511	79,454	0	79,454
1997	5,359,281	81,028	5,440,309	141,016	52,005	193,020	173,889	87	173,976	75,243	0	75,243
1998	4,217,550	123,110	4,340,659	246,529	10,258	256,787	78,716	1,547	80,263	45,767	0	45,767
1999	6,501,882	201,865	6,703,747	320,593	99,662	420,255	114,444	804	115,248	74,451	30,675	105,126
2000	8,272,060	756,026	9,028,085	136,296	140,754	277,050	64,514	937	65,451	99,031	5,150	104,181
2001	11,810,173	350,615	12,190,788	221,599	288,890	510,489	142,327	13,516	155,843	155,357	0	155,357
2002	5,362,152	684,118	6,046,600	223,717	64,766	288,483	129,228	10,448	139,675	38,477	614	39,091
2003	4,132,879	3,930,160	8,363,039	270,043	217,406	487,450	61,730	112,279	174,009	56,317	33,544	89,861
2004	8,123,959	5,085,283	13,209,241	380,612	927,216	1,307,858	223,888	179,217	403,105	45,389	15,527	60,916
2005	11,601,405	3,875,971	15,477,375	62,972	683,141	746,113	138,535	87,815	226,350			
2006	9,260,913	513,511	9,774,423	333,311	321,592	654,903						
2007	8,575,392	2,195,338	10,770,730									

Table 1-2-3. 日本海西部海域におけるブリ年級別・年齢別・漁法別漁獲尾数

Catch number of yellowtail by age and fishing metod for the same year class in western waters of Japan Sea. purse means purse seine net

year class	0 year old			1 year old			2 years old and over		
	set net	purse	total	set net	purse	total	set net	purse	total
1985	2,410,960		2,410,960	457,356		457,356	25,862		25,862
1986	2,904,671		2,904,671	158,326		158,326	21,968		21,968
1987	3,852,132		3,852,132	566,215		566,215	105,136		105,136
1988	2,435,041		2,435,041	230,260		230,260	44,109	22,472	66,581
1989	2,007,865		2,007,865	255,360	40,896	296,256	55,768	3	55,771
1990	4,279,038	61,092	4,340,130	767,189	0	767,189	118,231	121,611	239,842
1991	7,441,124	368	7,441,492	887,875	210,658	1,098,533	105,582	157,009	262,591
1992	5,170,834	128,698	5,599,531	745,504	17,650	763,154	89,893	173,350	263,243
1993	3,407,497	15	3,407,512	464,819	94,413	559,233	65,000	64,881	129,881
1994	8,631,370	2,038,235	10,669,605	737,544	290,673	1,028,217		290,747	333,183
1995	5,198,191	2,601,058	7,799,250	145,417	85,913	231,330	43,620	233,134	276,755
1996	8,673,649	1,226,168	9,899,817	232,667	56,330	288,997	58,164	192,945	251,109
1997	3,381,775	1,300,169	4,681,945	188,545	226,564	415,108	36,576	225,199	261,775
1998	4,323,383	1,946,121	6,269,504	246,182	220,554	466,735	48,619	55,679	104,298
1999	4,736,234	6,464,679	11,200,913	193,524	852,956	1,046,481	69,260	111,981	181,242
2000	4,346,997	4,352,087	8,699,084	164,816	332,409	497,225	121,798	118,616	240,414
2001	6,206,888	4,415,895	10,622,783	151,159	504,882	656,041	57,822	332,792	390,614
2002	1,932,760	4,334,125	6,266,886	888,305	537,920	1,426,225	66,447	648,984	715,430
2003	5,398,926	13,438,930	18,837,856	542,254	1,732,752	2,275,006	76,570	274,863	351,433
2004	4,905,103	3,301,427	8,206,530	173,315	419,618	592,932	105,953	536,233	642,186
2005	6,044,895	4,225,181	10,270,077	488,000	410,732	898,732	38,343	623,986	662,329
2006	4,059,746	7,454,525	11,514,272	427,348	723,767	1,151,115			
2007	4,029,674	4,567,207	8,596,880						

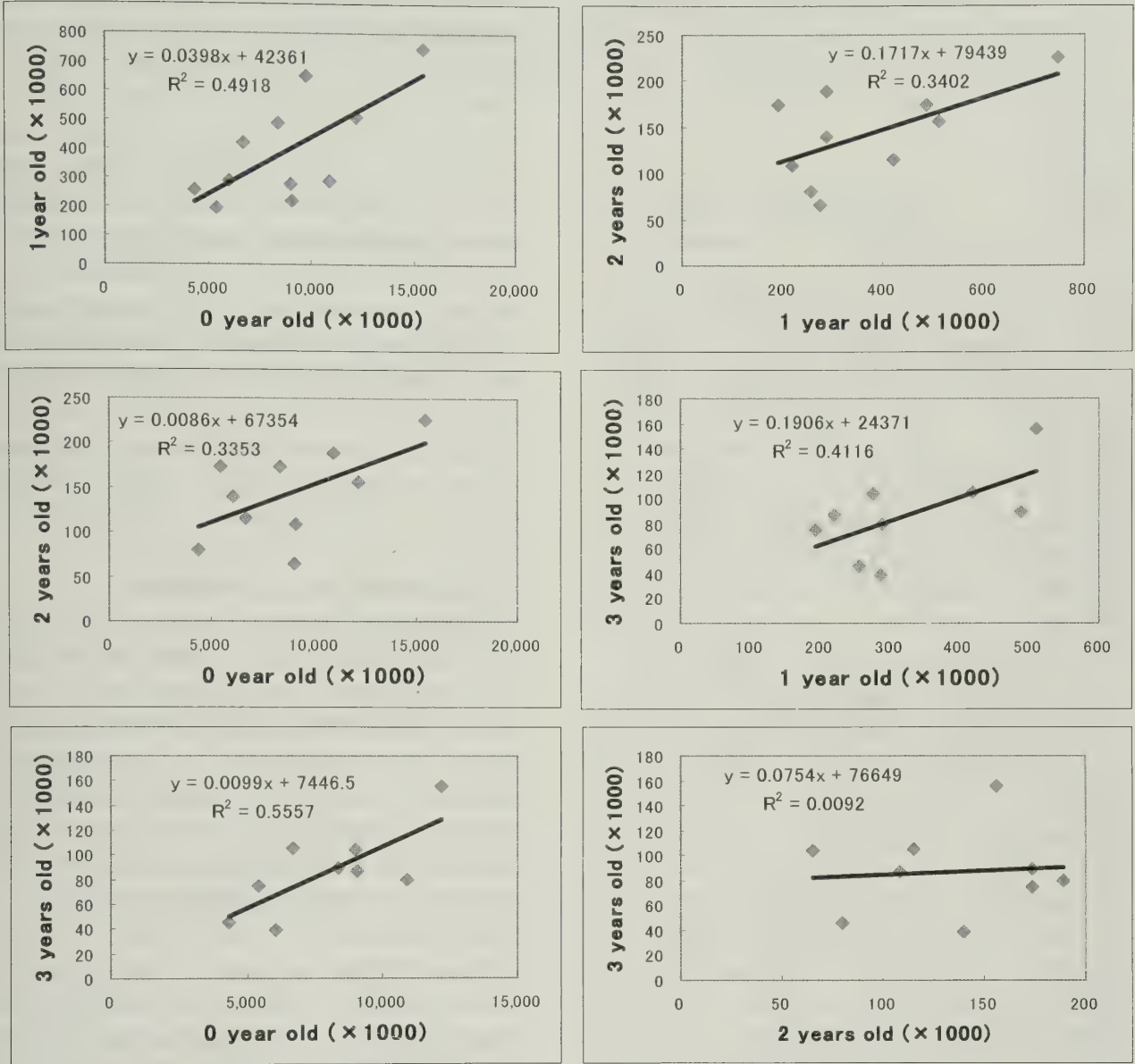


Fig. 1-2-2-1 日本海北部海域における年齢別ブリ漁獲尾数の関係

Relationships between catch numbers at each age of the same year class in northern waters of the Sea of Japan.

の漁獲尾数の関係を Fig. 1-2-2 に示した。なお、2004 年級においては、0～1 歳の未成魚時での漁獲尾数が他の年級と比較して特段に多く、これに対応する成魚の漁獲尾数が少なかったため、相関関係におけるデータから除外した。

1. 日本海北部海域における漁獲尾数

年級別に漁獲尾数をみると、1981～86 年級においては、0 歳が3,869～7,558 千尾（平均 5,796 尾）漁獲され、1 歳が32～333 千尾（平均121 千尾）、2 歳が1～8 千尾（平均 4 千尾）、3 歳以上が101 尾～1,710 尾漁

獲されたと推定された。1987～2007 年級においては、0 歳が2,603～15,477 千尾（平均7,982 千尾）、1 歳が84～1,307 千尾（平均356 千尾）、2 歳が44～403 千尾（平均133 千尾）、3 歳以上が34～155 千尾（平均81 千尾）漁獲されたと推定された。1986 年以前の年級と以降の年級では、0 歳時の漁獲尾数レベルに大きな差がみられなかったが、2 歳および3 歳については、大きな差がみられ、1986 年以前の年級では殆ど漁獲されなかった2 歳以上の魚が、1987 年以降の年級で漁獲されるようになっていた。

当該海域においては1990 年代以降、まき網漁業によ

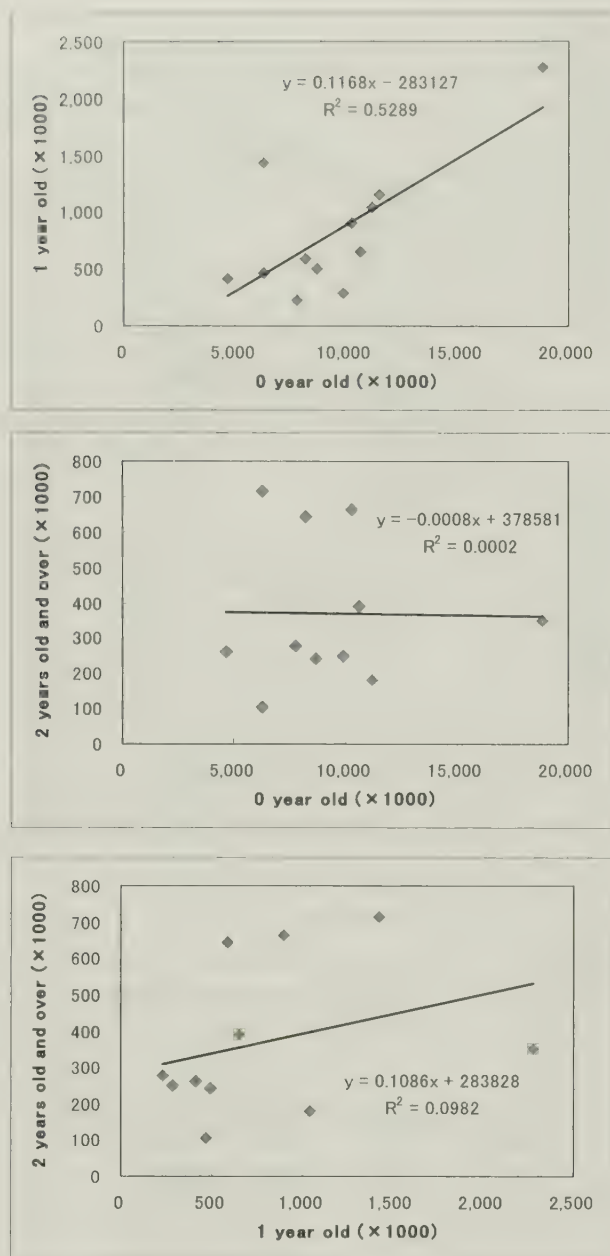


Fig. 1-2-2-2 日本海中西部海域における年齢別ブリ漁獲尾数の関係

Relationships between catch numbers at each age of the same year class in western and middle waters of the Sea of Japan.

ってブリが漁獲されるようになり、今回の計算結果をみると、2000年代に漁獲尾数が急増していた。0歳では2004年級が13,209千尾、2005年級が15,477千尾漁獲され、1歳では2004年級が1,307千尾、2005年級が746千尾漁獲され、2歳では2004年級が403千尾漁獲された。また、1999年級以降は3歳以上の魚が数万尾単位で漁獲されるようになっていた。定置網漁業による漁

獲尾数をみると、0歳は2,603~11,840千尾（平均6,824千尾）漁獲され、年変動が大きいものの、1980年代以降、漁獲尾数のレベルに大きな変動はみられなかった。（Table 1-2-2）。

1995~2003年以降の年級については、0歳時に漁獲尾数が多かった年級は、3歳以上時まで継続的に漁獲尾数のレベルが高い傾向がみられた。特に0歳時の漁獲尾数と3歳時の漁獲尾数の関係には高い正の相関がみられた（Fig. 1-2-2）。これにより、各海域において、漁獲された0歳魚の尾数をキーとして年級別に漁況を予測できる可能性が示された。一方、1986年以前の年級では、0歳時の漁獲尾数と以降の年齢時の漁獲尾数に相関がみられなかった（Table 1-2-2）。

また、2004年以降の年級では、0歳時および1歳時での漁獲尾数レベルと、2歳および3歳以上時の漁獲尾数レベルに相関がみられなかった。

2. 日本海中西部海域における漁獲尾数

年級別に漁獲尾数をみると、1985~89年級においては、0歳が2,411~3,852千尾（平均2,722千尾）漁獲され、1歳が158~566千尾（平均342千尾）、2歳以上が22~105千尾（平均55千尾）が漁獲されたと推定された。1990~2007年級においては、0歳が3,408~18,838千尾（平均8,574千尾）、1歳が231~2,275千尾（平均833千尾）、2歳以上が104~715千尾（平均332千尾）漁獲されたと推定された。1989年以降の年級では、いずれの年齢においても漁獲尾数のレベルが以前と比べて大きく上昇した。

当該海域においても、1990年代以降まき網漁業によってブリが漁獲されるようになり、2000年代に漁獲尾数が急増していた。0歳は1994年級以降、コンスタントに漁獲尾数が10,000千尾を超えるようになり、1歳は1991年級が初めて1,000千尾を超えて漁獲され、2003年級は2,275千尾が漁獲された。2歳以上では、1989年級までの5か年の年級の平均で55千尾であったものが、1990年級以降200千尾を越えて漁獲される年級が多くなり、特に2002年級は715千尾が漁獲され、以後2004年級で642千尾、2005年級で662千尾が漁獲された。

漁法別の漁獲尾数をみると、0歳魚の1994~2007年級の平均漁獲尾数は、定置網漁業で5,134千尾、まき網漁業で4,404千尾であった。1歳魚の1991~2006年級の平均漁獲尾数は、定置網漁業で417千尾、まき網漁業で420千尾であった。2歳魚以上の1990~2005年級のそれは、定置網漁業で73千尾、まき網漁業では260千尾で、定置網漁業を大きく上回っていた（Table 1-2-3）。

1995年以降の年級について年齢と漁獲尾数の関係をみると、0歳時と1歳時では漁獲尾数に正の相関がみられたが、0歳時と2歳以上時、1歳時と2歳以上時の漁獲尾数は相関がみられなかった (Fig. 1-2-2)。

考 察

対馬暖流域におけるブリの回遊生態 1960年代以前の0、1歳魚の分布・回遊については渡辺 (1979) らが標識放流調査結果をまとめている。それによるとブリ0歳魚は日本海沖合の極前線付近まで広く分布し、秋冬期の水温低下とともに南下し、佐渡海峡以南の日本海で越冬する。これらの海域で越冬した1歳魚は狭範囲な北上、南下移動を行うとしている。また、日本海中西部の海域においても1歳魚は各地の沿岸で小規模な季節回遊をするとしている。

さらに、1970～80年代の0、1歳魚の分布・回遊については村山 (1992) がとりまとめて報告している。それによると富山湾以北の沿岸に回遊した0歳魚のかんりの部分が当海域で越冬せず、能登半島を越えて南下してしまい、その翌年、南下した個体は1歳魚として必ずしも0歳時に回遊した富山湾以北の沿岸域まで北上回遊しないことを指摘している。

このように、ブリ未成魚 (0、1歳) の回遊範囲は年代により大きく変わっていた可能性があり、1990年代に入り、北部日本海では高齢魚の漁獲量が増加したことから、その時期以降に未成魚においても分布・回遊のパターンに変化が起こったと推察される。この変化は、海洋環境の変化と対応する可能性があると考えられ、内山 (1997) は、1980年代後半から富山湾の水深50 m層における最低水温期 (3、4月) の水温が高めに推移していることを見出し、1990年代の日本海北部における大型魚の漁獲量増大は、資源の増大を反映したものではなく、分布・回遊様式の変化と関連している可能性があるとして指摘した。

井野ら (2008)、井野ら (未発表) は、1999年からアーカイバルタグを使用した標識放流を行ったが、その結果、3、4月の最低水温期に富山湾から秋田県沖の範囲を遊泳していた標識魚 (2～4歳) を見出したが、今回行った0～1歳魚の標識放流でも、最低水温期に佐渡周辺から秋田県沖の海域で越冬した個体が見られ、逆に最低水温期に能登半島を越えて西へ移動した個体は見出せなかった。この結果からも未成魚の分布・回遊は1990年代以降変化し、0歳魚で能登半島以北へ移動したブリ未成魚は、最低水温期にも南下せず、能登半島以北の海域に留まって生育するものと考えられた。

このことから、日本海 (対馬暖流域) におけるブリ資源レベルを考えるにあたり、能登半島を境とした日本海北部 (輪島周辺を含む) と、中西部日本海の2群においてデータ解析を進めるべきであることが示唆された。

ブリの年齢別漁獲尾数 (個体数比)

1. 日本海北部

日本海北部におけるブリの年齢別漁獲尾数をみると、0歳時に漁獲尾数が多い年級は、1歳から3歳時に継続的に漁獲尾数レベルが高い傾向がみられた。特に0歳時の漁獲尾数と3歳時の漁獲尾数の関係には高い相関がみられた (Fig. 1-2-2-1)。

これは、日本海北部の各海域において、漁獲された0歳魚の尾数をキーとしてその後の同一年級群の漁況予報を行う可能性を示唆するものであり、今後継続して各地の漁獲データを蓄積することにより、より精度の高い漁況予報が提供できる可能性があると考えられた。

一方、2004年以降の年級では、0歳時および1歳時での漁獲尾数レベルと、2歳および3歳以上での漁獲尾数レベルに相関がみられなかった。2004年以降の年級の年齢別漁況は、未成魚の漁獲量が資源量に対して多過ぎ、3歳魚以上の生残が少なかったか、3歳以上の魚が日本海北部で漁獲されず、中西部海域以西で漁獲されたか、のどちらかであると考えられるが、これを裏付けるデータはない。今後この点を明らかにする研究・データ解析に期待したい。

また、日本海北部の1995年以降の各年級のブリ年齢別漁獲尾数の関係では正の相関がみられたが、他方1986年以前の年齢別漁獲尾数をみると0歳時の漁獲尾数が500万尾を超える年級でも2歳時、3歳時の漁獲尾数が1千尾を下回る年がみられ (Table 1-2-2)、このことから村山 (1991) 内山 (1997) らが指摘したように、この時期以降に日本海のブリの分布・回遊様式に変化があったと考えられ、ブリ漁況予報の精度を高めるためには分布・回遊様式に影響を与える可能性のある海況データ等を細かく分析して活用する必要があると考えられた。

2. 日本海中西部

これまで実施されてきた標識放流調査の結果から、西部海域においても、0歳の秋以降にこの海域に留まったブリ未成魚は、周辺海域に留まって育成することが確認された。従って、この海域においても日本海北部と同様に0～1歳魚の漁況を基に以後の同一年級群の漁況予想を行うことが可能と思われたが、各年級の

年齢別漁獲尾数の関係をみたところ、0歳と1歳魚の関係以外は正の相関が高くなかった (Fig. 1-2-2-2)。漁法別の漁獲尾数をみると各年齢の漁獲はまき網の漁獲量に大きく左右されていることは明らかであり、このことが、低年齢での漁獲尾数をキーとした漁況の予測を困難にしていると考えられた。

3. 年齢別・漁法別漁獲尾数

日本海北部においては、2004年および2005年級群の0～2歳のいずれの年齢においても過去の平均漁獲尾数を上回る漁獲となっており、漁法別では0歳では定置網、1歳ではまき網の漁獲が多くなっている。このように未成魚の漁獲が多くなれば、3歳以上の成魚の生残が少なくなることが推察され、実際2004年級の3歳以上の漁獲は6万尾余りと2001年級の15万尾の半分以下となっている。能登半島以北へ回遊した3歳以上の魚が全て日本海北部で漁獲されることは考えにくい、0歳時には1,000万尾以上いた魚が成魚の段階で数万尾のレベルにまで減少するという漁業の実態を再考する必要がある。加藤、渡辺 (1985)、村山 (1988)

によれば、日本海へ来遊するブリ資源の有効利用を考えた場合、1960年代以降0、1歳魚の漁獲圧は過大であったとされている。

4. 資源レベルの把握のために

元来、0歳魚の漁況がその年級群の資源量を反映するものではないことは言うまでもないが、同一年級群における以後の漁況の一つの指標となることは示されたと考える。

しかし、今後、より精度の高いブリ漁況予報を行うためには、マアジやスルメイカの資源調査で行われているような、発生直後の幼稚魚の調査を実施すべきであると考ええる。幼稚魚の採集手法としてはモジャコ期において流藻ごと採取する「まき網」のような手法が考えられ、この調査を産卵海域から対馬暖流域の沿岸各地のポイントにおいて実施することにより、新たな資源レベル把握のためのデータが得られるものと考えられる。

(渡辺 健, 井野慎吾, 前田英章, 奥野充一)

執筆者連絡先

渡辺 健 (Ken Watanabe) 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)

井野慎吾 (Shingo Ino) 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)

現所属: 富山県農林水産部 (present address: Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Devision, Shin-Sougawa Toyama, Toyama 930-8501 Japan)

前田英章 (Hideaki Maeda) 福井県水産試験場 〒914-0843 敦賀市浦底23-1 (Fukui Pref. Fish. Exp. Station, Urazoko Tsuruga, Fukui 914-0843 Japan)

奥野充一 (Jun-ichi Okuno) 石川県水産総合センター 〒927-0435 石川県鳳珠郡能登町字宇出津新港3-7 (Ishikawa Pref. Fish. Res. Center, Ushitsu-shinko, Noto, Housu, Ishikawa 927-0435 Japan)

1. 日本海における成長段階別の回遊様式の把握

(3) 対馬暖流域沿岸における加入主群の構造の把握

方 法

初期成長および耳石径の推移の飼育水温による差異の把握 飼育実験に供したブリ親魚は、天然モジヤコ由来の種苗を養殖業者が約2年、五島栽培漁業センターの海面小割生け簀で約1年間、養成した3歳魚である。これらの親魚にヒト胎盤性性腺刺激ホルモン(human chorionic gonadotropin:HCG; あすか製薬)を魚体重1 kgあたり600IUとなるように処理した後、乾導法による人工授精により得られた受精卵を18, 20, 22℃に設定した200ℓ卵管理水槽に収容、ふ化した仔魚を日齢1でそれぞれ卵管理時と同水温に設定した500ℓ円形水槽(各水温区3水槽)に約8,000個体ずつ移槽した後、日齢20まで飼育した。この間、日齢0, 5, 10, 15, 20で各水槽30~50個体程度のサンプリングを行い、90%エタノールにより固定した。給餌は開口が確認された水温区から順次開始し、高度不飽和脂肪酸を強化した濃縮淡水クロレラ(スーパー生クロレラV12; クロレラ工業)により栄養強化したL型ワムシを午前、午後の1日2回、水槽内の密度が3~10個体/mlになるよう、減り具合に応じて段階的に多くした量を与えた。

サンプリングした仔魚は万能投影機で20倍に拡大して体長を計測(脊索屈曲前は脊索長、屈曲後は標準体長)後、各水温区で最も生残率の高かった1水槽については日齢5, 10, 15, 20の試料から耳石(扁平石)を摘出した。摘出した耳石はスライドガラス上に透明マニキュアを用いて包埋し、顕微鏡に接続したビデオマイクロメーター(オリンパスVM-30)によりモニター上の倍率500~1,200倍で観察、中心核からの長径(以下、耳石径)を計測した。得られた体長および耳石径の計測値は各日齢で飼育水温区による差異を統計的に検討した。

天然魚における初期耳石径の観察事例および飼育個体との比較 天然魚の耳石径の解析には、2002年および2003年の4~5月に西海区水産研究所が実施した浮魚産卵調査(漁業調査船陽光丸)により九州西部~東シナ海において採集された幼稚仔(山本ら, 2005)、および2005年7~12月および2006年7~翌2月に石川県能登半島沿岸で漁獲された当歳魚(辻ら, 2006, 2009)を用いた。これらの個体の耳石日周輪数(推定ふ化日)および耳石日周輪間隔データから、ふ化月と少日齢での耳石径(該当する日齢までの日周輪間隔の

総和)の関係を整理し、各水温区の飼育個体との間および採集状況やふ化月が異なる様々な天然個体間での比較を行った。なお陽光丸で得られた日齢10~15の個体においては、採集時の表層水温と4~5日齢ごとの輪紋間隔の関係を調べた。

結 果

水温別飼育実験において、日齢0での体長は22℃区で有意に小さかったが(one-way ANOVA, $p < 0.01$, Tukey's test, $p < 0.01$), 日齢5, 10では18℃区と他の2区(one-way nested ANOVA, $p < 0.01$, Tukey's test, $p < 0.01$), 日齢15(one-way nested ANOVA, $p < 0.01$, Tukey's test, $p < 0.01$)では全水温区間で有意差が認められ、いずれも高水温ほど大きかった(Fig. 1-3-1)。なお日齢20では22℃区の計測値の分散が大きく、他の日齢と同様の統計的な検討は出来なかったが(同手法を用いた場合の結果を参考のためにFig. 1-3-1に示した)、水温区による体長差は明らかであり、高水温ほど大きかった。

一方、耳石径は日齢5以降、全水温区間に有意差が認められ(Kruskal-wallis test, $p < 0.01$, 平均順位の多重比較, $p < 0.05$), 高水温ほど大きかった(Fig. 1-3-2)。また各日齢における体長(mm)に対する耳石径(μm)の相対比は、いずれの場合も高水温ほど高い傾向が認められた(Fig. 1-3-3)。

次に陽光丸で採集された日齢10~15までの個体において、採集時の表層水温と各個体の4~5日齢ごとの輪紋間隔の関係を示す(Fig. 1-3-4)。これらの個体にとって、採集日の10日以上前にあたる日齢1~5の輪紋間隔と採集時の表層水温の間には明確な関係は認められなかったが、採集前10日以内にあたる日齢5~10および10~15の輪紋間隔は採集時の表層水温が高いほど大きい傾向が認められた。

ふ化月や採集状況(時期、海域)が異なる様々な天然個体との間で日齢5の耳石径を比較したところ、22℃および20℃区ではその平均値 $\pm$ 標準偏差の区間に天然個体との間で重複が見られたが、全般的には天然魚で高い値を示し、また天然個体間では産卵期間の後半の月にふ化した群ほど輪紋径が小さい傾向が認められた(Fig. 1-3-5)。また本飼育実験における各水温区の個体(日齢5~20)および採集時日齢20未満の天然個体で得られた体長と耳石径の関係(線形近似)を

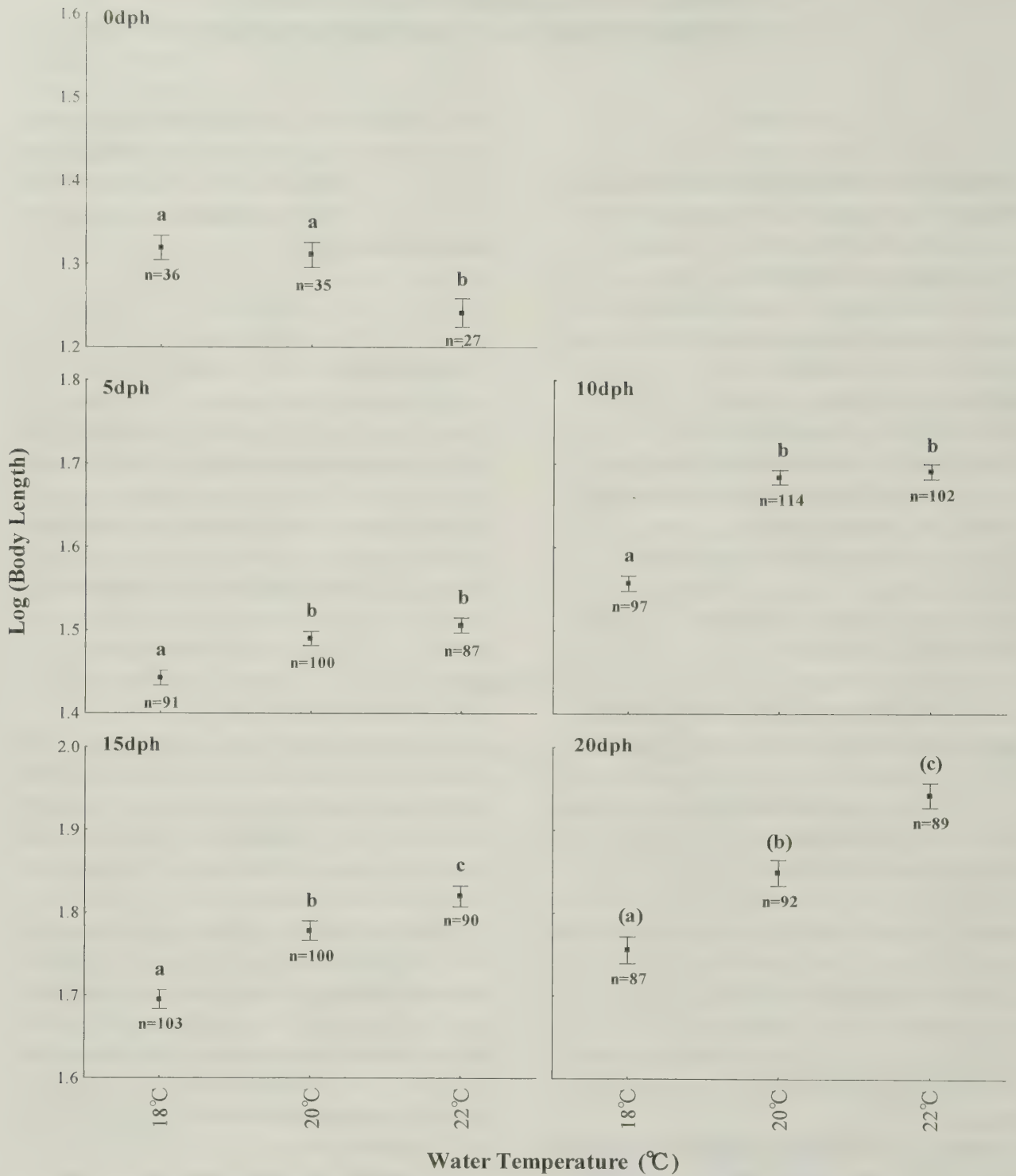


Fig. 1-3-1. 各日齢のブリ飼育個体における飼育水温と対数変換した体長（平均値、バーは95%信頼区間）との関係。異なるアルファベット表記は有意差を示す（0dph: one-way ANOVA, $p < 0.01$, Tukey's test, $p < 0.01$, 5-15dph: one-way nested ANOVA, $p < 0.01$, Tukey's test, $p < 0.01$ ）

Relationships between water temperature and log-transformed body length (mean, bar indicate 95% confidence interval) of reared yellowtail at each days post hatch. Different letters indicate significant difference in log-transformed body length at each days post hatch (0dph: one-way ANOVA followed by Tukey's test for multiple comparison, $p < 0.01$, 5-15dph: one-way nested ANOVA followed by Tukey's test for multiple comparison, $p < 0.01$)

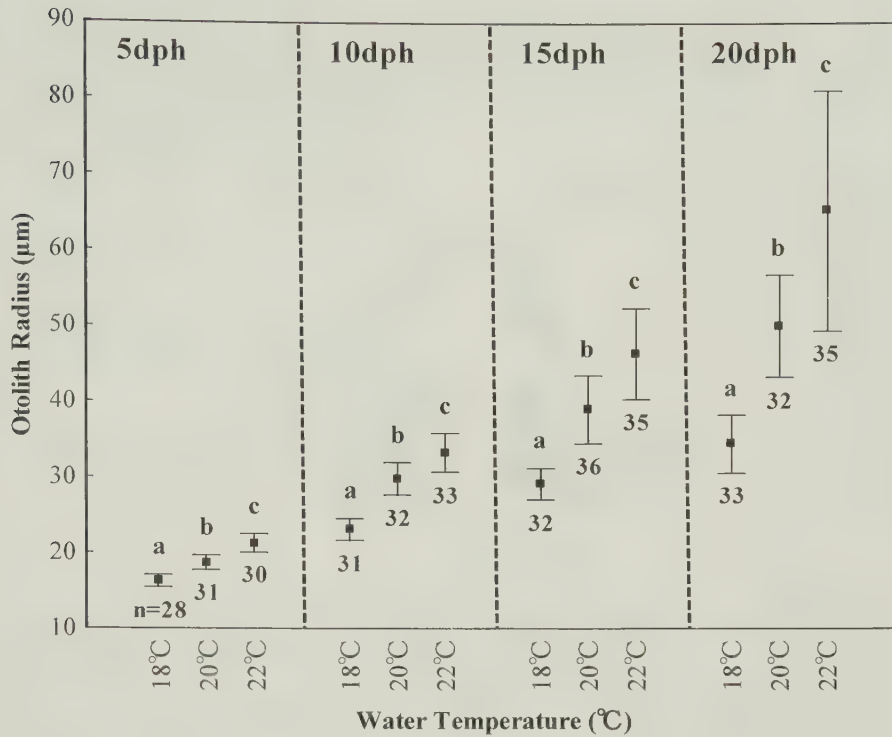


Fig. 1-3-2. 各日齢のブリ飼育個体における飼育水温と耳石径（平均値±標準偏差）の関係

異なるアルファベット表記は有意差を示す（Kruskal-Wallis test, $p < 0.01$, 平均順位の多重比較, $p < 0.05$ ）

Relationships between water temperature and otolith radius (mean $\pm$ SD) of reared yellowtail at each days post hatch. Different letters indicate significant difference in otolith radius at each days post hatch (Kruskal-Wallis test followed by post hoc test (Siegel and Castellan 1988) for multiple comparison, $p < 0.05$)

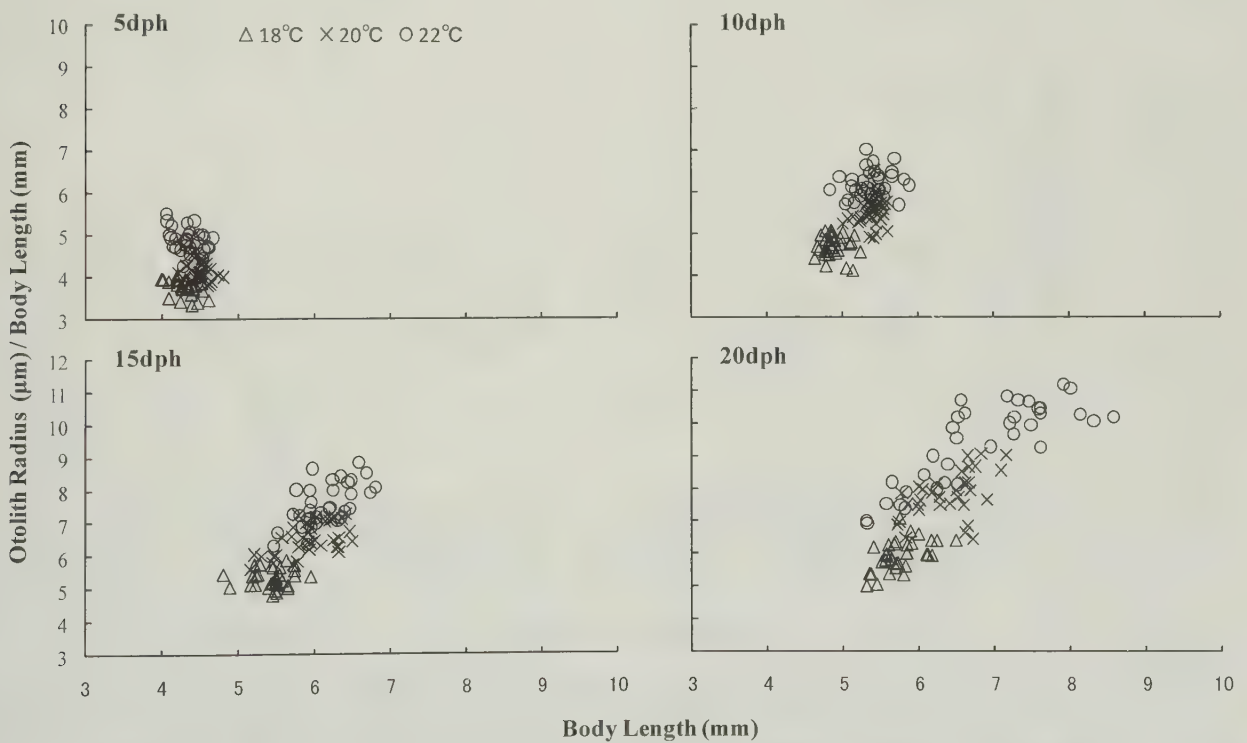


Fig.1-3-3. 各日齢のブリ飼育個体における飼育水温ごとの体長と耳石径相対比 [耳石径 (μm) / 体長 (mm)] の関係
Relationships between body length and relative otolith radius ratio [otolith radius (μm) / body length (mm)] of reared yellowtail at each days post hatch under different water temperature.

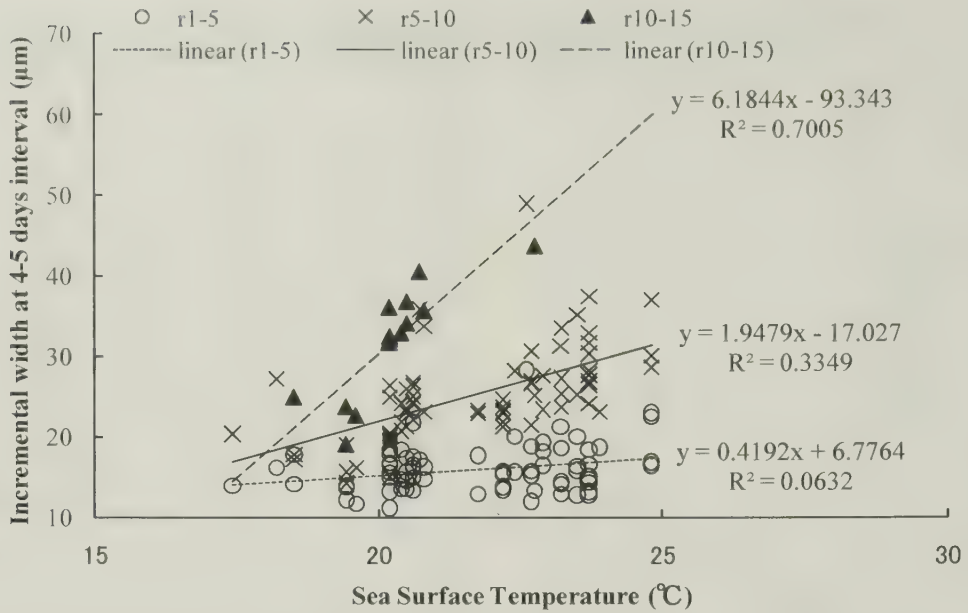


Fig. 1-3-4. 2002年, 2003年春季に東シナ海で採集された日齢10-15のブリ天然個体における採集時表水温と4-5日齢ごとの耳石輪紋間隔の関係

Relationships between sea surface temperature at each sampling station and incremental width at 4-5 days interval of wild yellowtail at 10-15 days post hatch collected at East China Sea in spring 2002, 2003.

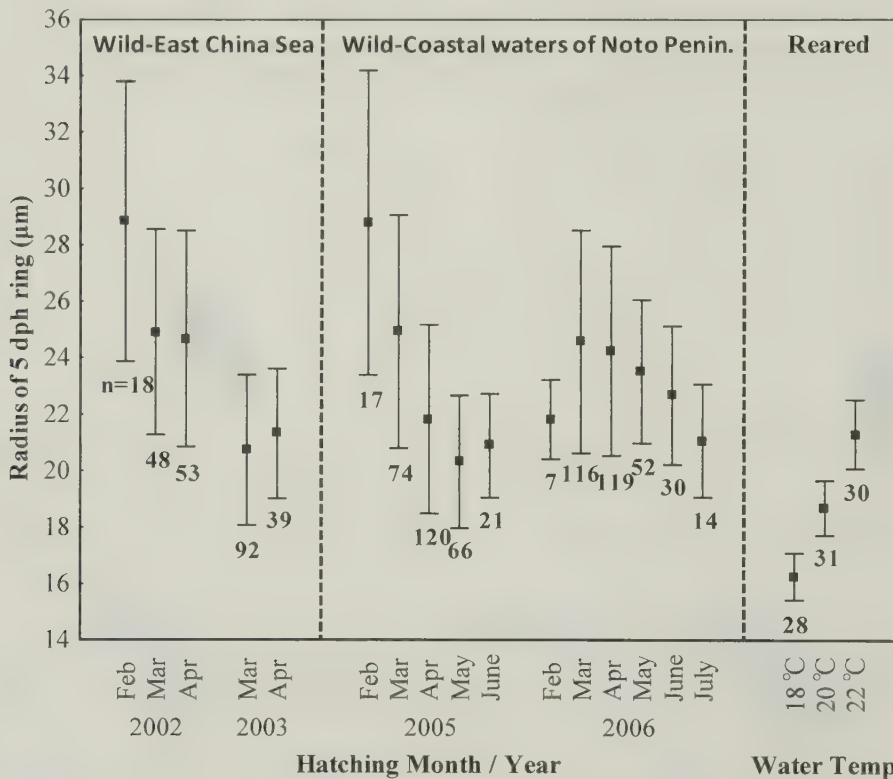


Fig. 1-3-5. 東シナ海および能登半島沿岸で採集されたブリ天然個体におけるふ化月ごとの日齢5の輪紋径(平均値±標準偏差)と各水温区の飼育個体における日齢5の耳石径(平均値±標準偏差)

Ring radius (mean ± SD) at 5 days post hatch of wild yellowtail hatched at each month and otolith radius of reared yellowtail at 5 days post hatch under different water temperature.

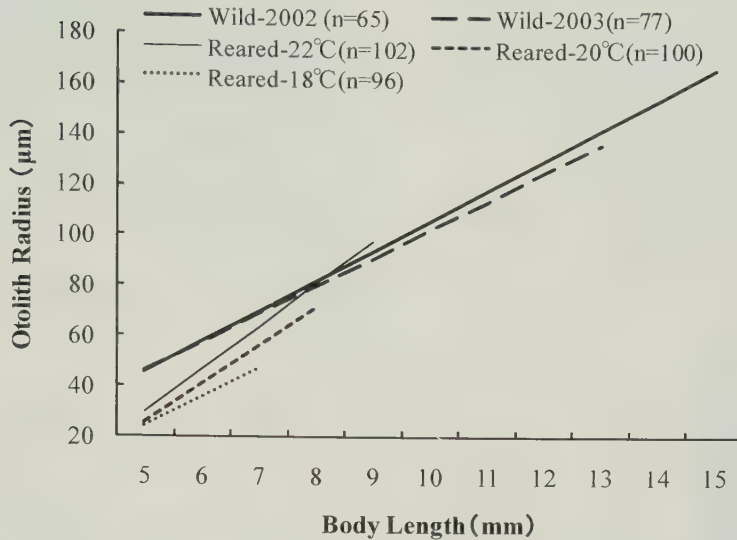


Fig. 1-3-6. 2002年, 2003年春季に東シナ海で採集された日齢20以下のブリ天然個体および各水温区の飼育個体における体長と耳石径の関係

Relationships between body length and otolith radius of wild yellowtail under 20 days post hatch collected at East China Sea in spring 2002, 2003 and reared yellowtail under different water temperature.

比較したところ, 特に体長7 mm 未満では, 同一体長においても天然個体の耳石径がはるかに大きいという結果が得られた (Fig. 1-3-6)。

考 察

日齢0における体長は22℃区で有意に小さく, ふ化までの所要時間が短いことを反映しているものと考えられたが, 開口, 摂餌開始およびその後の発育が高水温ほど速やかに進行したことから日齢5および10では18℃区と他の2区, 日齢15および20では全水温区間で体長差 (成長差) が顕在化し, 高水温区ほど大きいという結果が得られたと推定された。

一般的には魚類の体長と耳石径 (体成長と耳石輪紋間隔) には相関があることが知られていることから (渡邊, 1997), 環境水温等による成長の違いによりある時点での体長に差が生じた場合, それが耳石径の差としても認められると考えられる。初期成長の差異から発生海域の環境水温を推定する手法が成立するためには, ふ化した仔魚がそれぞれの発生海域あるいはそのごく近傍に分布する出来る限り少日齢時において, 体長およびそれを反映すると考えられる耳石径に環境水

温による差異が生じることが不可欠であるが, 飼育実験ではそのような体長の差異が認められるまでに15日齢を要したことになる。

しかしながら本研究では, 日齢5の時点で体長差が明瞭ではないにもかかわらず耳石径に全水温区間で有意差が認められ, 日齢5での耳石径を発生海域の環境水温推定に用い得る可能性が示唆された。このことは体長に対する耳石径の相対比が飼育水温により異なり, 高水温ほど大きいことに起因しているが, その生理的背景については現段階では検討できていない。

天然海域でふ化したブリ仔魚がどの程度の期間, 発生海域あるいはその近傍に分布するかは知られていないが, 陽光丸で採集された少日齢のブリ仔魚では, 採集される10日以上前の耳石輪紋間隔と採集時の表層水温に明確な関係は認められず, 初期成長 (および耳石輪紋間隔) に影響を及ぼす環境要因が, 採集時と10日前で異なっていたことを示唆している。水温以外にも初期成長 (および耳石輪紋間隔) に影響する要因は考えられるが, 18~22℃の飼育水温下で摂餌開始が確認されたのは日齢3~5であったため, 少なくとも日齢5程度の耳石径に影響する後天的な要因としては卵期以降の環境水温が重要であろう。このことを踏まえ, 飼育実験でも水温による差異が認められた日齢5にお

ける耳石径を、飼育個体と天然の幼稚仔および天然個体間での比較検討に用いた。

日齢5における天然個体の耳石径は、20℃区および22℃区の飼育個体と値が重複していたものの、22℃区より大きい範囲を示す群が多く見られた。ブリの産卵に好適と推定される水温帯が19～21℃（三谷, 1960）、卵稚仔の多く採集される水温帯が20～22℃であることから（山本ら, 2007）、この大きい耳石径を示す多くの群が、発生初期に22℃よりさらに高い水温帯を分布の中心としていたとは考えにくい。天然海域では初期成長（率）が高い個体が生残することが多くの魚種で確認されており（Shoji and Tanaka, 2006; Tanaka *et al.*, 2006）、ブリ天然個体でも日齢5の時点での生残個体における耳石径の平均値は、採集時まで生残した個体の日齢5の時点の耳石径より小さくなる可能性は高いが、本研究において飼育個体との間に見られた差異は、このことだけでは説明できない

飼育個体と天然個体における体長と耳石径の関係を

示した Fig. 1-3-6から明らかなように、天然個体では特に体長7 mm 以下で、同一体長の飼育個体に比べて耳石径ははるかに大きく、主としてこのために日齢5の耳石径に大きな差が見られたと考えられたが、その生理生態的背景については今後の検討が必要である。

いずれにしても、天然個体と飼育個体では、同じ環境水温、同体長であっても少日齢での耳石径には差があると考えられることから、飼育実験で得られた環境水温と耳石径の関係を天然魚の発生海域の環境水温推定に適用していくためには何らかの補正が必要となる。

天然個体においては産卵期間の後半の月にふ化したものほど、日齢5の耳石径が小さい傾向が認められた。環境水温が高いほど日齢5の耳石径が大きいという実験結果が天然個体にも適用できるとすれば、後期にふ化した群ほど発生海域の水温が低いことになる。

人工種苗生産過程におけるブリの産卵水温は(18～19℃（有元ら, 1987）、天然海域において推定される産卵最適水温は19～20℃であり（三谷, 1960）、ブリ

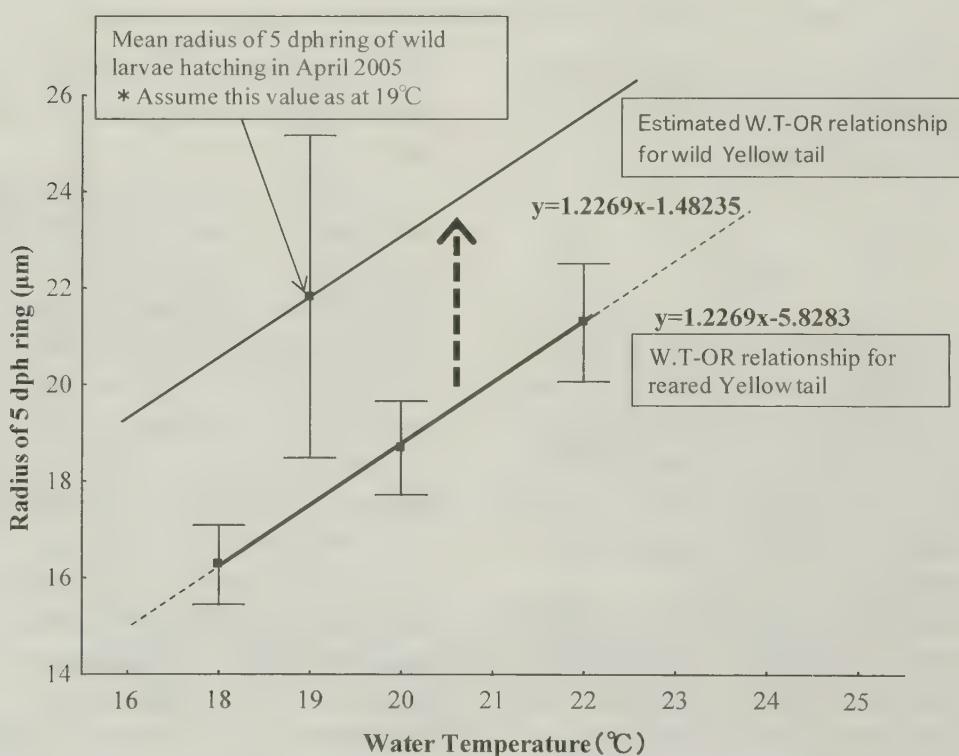


Fig. 1-3-7. 2005年に能登半島沿岸で漁獲されたブリ当歳魚における日齢5の平均耳石径を用いたふ化月ごとの発生海域の環境水温の推定手順

Estimating process of the water temperature of monthly hatching ground of young yellowtail captured at coastal waters of Noto Peninsula in 2005 by using mean ring radius at 5 days post hatch.

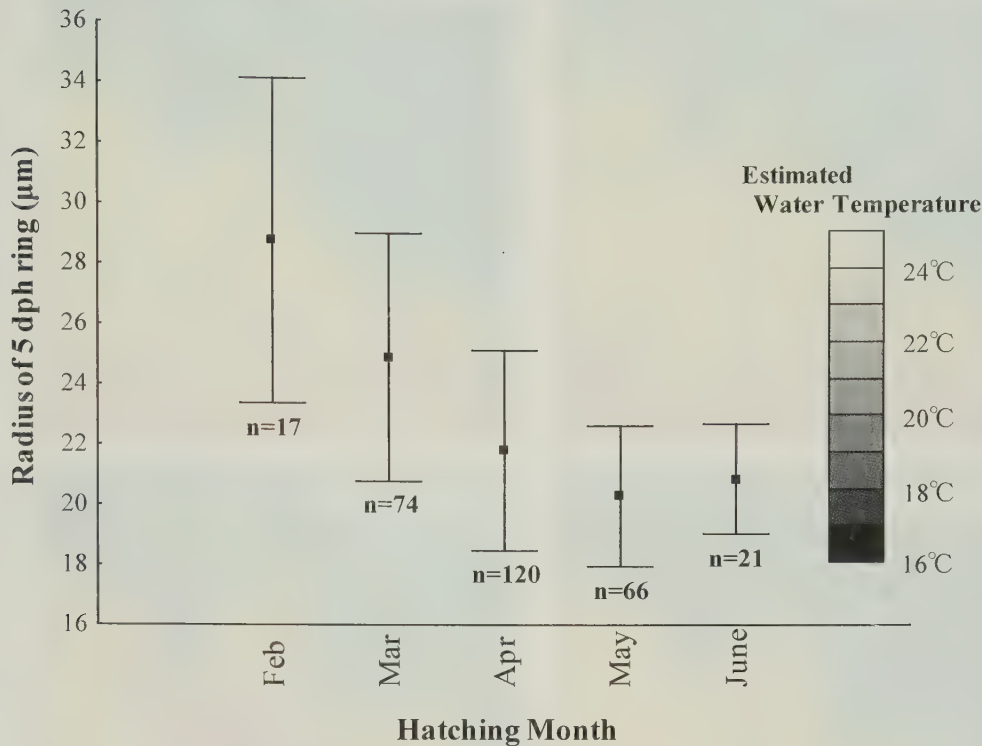


Fig. 1-3-8. 2005年に能登半島沿岸で漁獲されたブリ当歳魚におけるふ化月ごとの日齢5の耳石輪紋径（平均値±標準偏差）と発生海域の推定環境水温

Ring radius (mean ± SD) at 5 days post hatch and estimated water temperature of monthly hatching ground of the young yellowtail captured at coastal waters of Noto Peninsula in 2005.

の産卵海域は季節の進行に伴う水温の上昇とともに北上する（三谷，1960）とされているが，産卵親魚の漁獲動向，成熟調査および卵稚仔の分布調査等から推定される時期ごとの産卵海域（山本ら，2007）は必ずしもこの水温帯とは一致しない。

そこで，本研究の結果およびこれまでの知見を参考に，以下のように仮定し，2005年7～12月に石川県能登半島沿岸で漁獲された当歳魚について，ふ化月ごとの発生海域およびその環境水温を試行的に推定した。すなわち，①産卵盛期である4月生まれ群の日齢5の耳石径の平均値は，主産卵水温である19℃における値とする，②日齢5の耳石径は天然個体においても環境水温が高いほど大きく，水温に対する耳石径の変化の割合は飼育個体と等しい，またこの関係は18～22℃以外の水温帯にも当てはまることとした（Fig. 1-3-7）。

このような仮定の下で，ふ化月ごとの耳石径の平

均値に環境水温の尺度を当てはめることにより，発生海域の環境水温が2月～6月生まれでそれぞれ，24.7℃，21.5℃，19.0℃，17.8℃，18.6℃であると推定された（Fig. 1-3-8）。このことと月毎の海面水温分布図（気象庁のホームページ，2005年の2～5月の各中旬および6月上旬のデータを利用）を照合し，2005年に能登半島沿岸で漁獲された当歳魚の発生海域が2月～6月でそれぞれ東シナ海南部（台湾周辺），東シナ海南部（～中部），東シナ海中部～九州西方（男女群島～甌島周辺），東シナ海北部（五島列島周辺）～日本海西部（九州北方周辺），日本海西部（山陰～若狭湾沖）と推定された（Fig. 1-3-9）。ただし，4月には該当する水温帯の等温線が南西方向に伸びており，東シナ海の大陸棚内縁の広範囲の海域が発生海域の候補となりうる。

以上は，ふ化月ごとにグループ分けした各群の日齢5の耳石径の平均値にのみ着目し，いくつかの仮定を

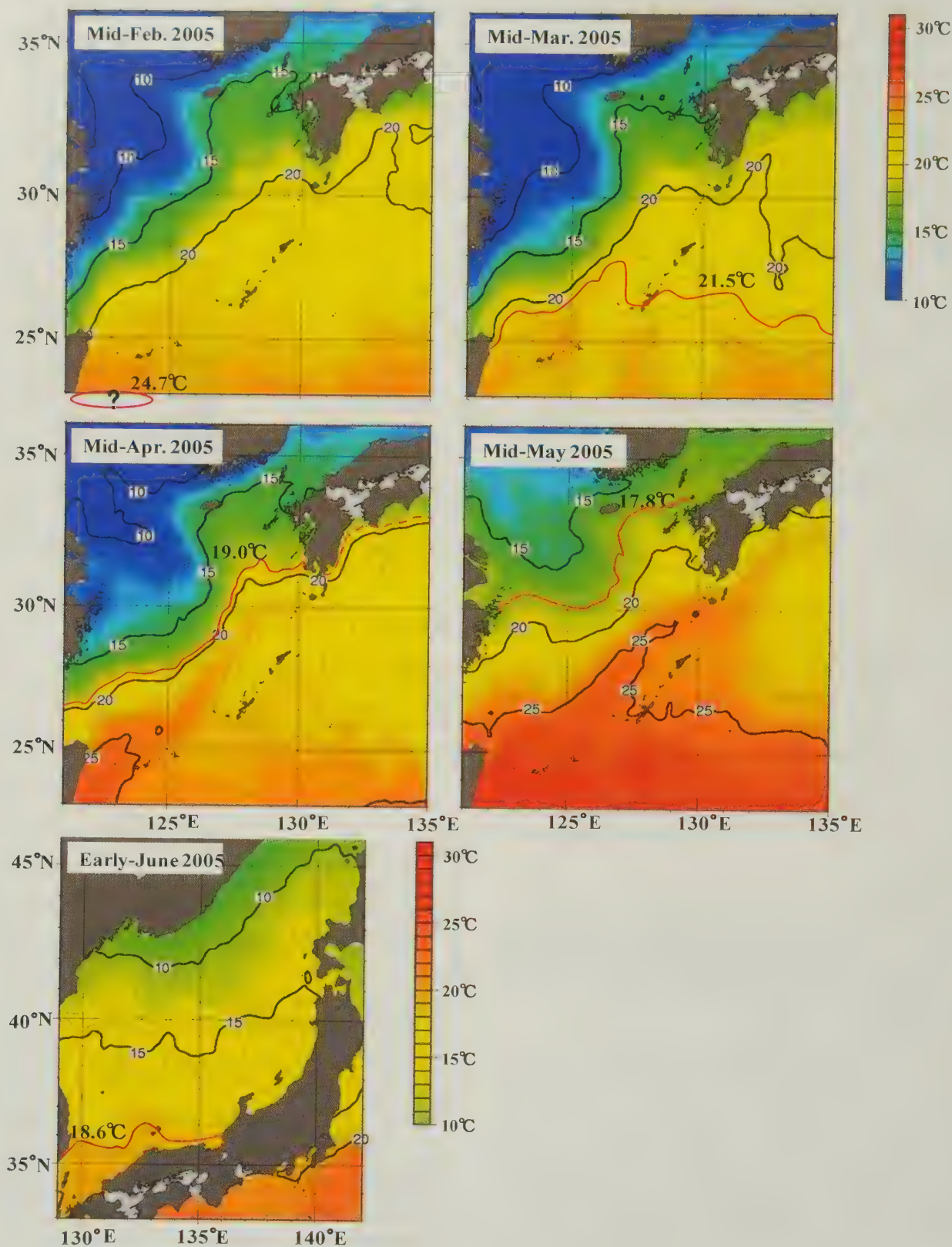


Fig.1-3-9

Fig. 1-3-9. 2005年に能登半島沿岸で漁獲されたブリ当歳魚におけるふ化月ごとの推定環境水温と各月の海面水温分布図（気象庁ホームページのデータを参照）の関係

Relationships between estimated water temperature of monthly hatching ground of the young yellowtail captured at coastal waters of Noto Peninsula in 2005 and monthly distribution of sea surface water temperature (reference image data on Japan Meteorological Agency's website).

おいた上での推定結果であり、ふ化月が同じでも日齢5の耳石径の分散が非常に大きく、また年によっても平均値が大きく異なる場合があるなど検討の余地は大きい。産卵水温自体は早期ほど高く、徐々に低くなっていくと想定される今回の傾向が、過去の知見から推定される2～6月の産卵海域の北上の動向(山本ら、2007)を比較的よく説明できることは注目される。

以上に述べてきたとおり、飼育実験下では日齢5という極少日齢時の耳石径に環境水温による差異が認められ、耳石日周輪数から推定されるふ化日、環境水温により決定される初期の耳石径および海面水温の分布図を用いてブリ天然魚の発生海域が推定される可能性が示唆された。ただし、天然魚と飼育個体では同水温、同体長であっても初期の耳石径に差が認められたこと、仮に極少日齢時では餌料環境の影響を無視できるとしても、産卵海域、時期による親魚群の年級や栄養状態、多回産卵におけるどのタイミングで産出されたか、あるいは親魚の経験水温の違いなど、親魚由来の卵径、卵質の違いが初期の耳石径に影響する場合も考えられることから、飼育実験の結果を天然魚に当てはめる上では様々な問題点があり、今後はそれらを補

正する方法を検討していく必要がある。また天然個体における少日齢時の耳石径とふ化時期の関係、少日齢個体において採集時水温と耳石径の関係を解析するための試料は十分ではなく、同一年級では仔魚から漁獲される当歳魚までの一連の試料が得られていないことから、まずは東シナ海を中心とした海域で調査船調査により得られる仔稚魚、各海域で養殖種苗として捕獲されるモジャコおよび日本海沿岸の各海域に加入、漁獲される当歳魚を同一年級で入手し、これらのふ化時期と耳石径の関係を整理しておくことが重要である。

このような天然個体における知見の蓄積および種々の飼育実験結果との比較、検討を通じ、天然個体においても環境水温と初期の耳石径の関係を示すことが出来れば、初期の耳石径を指標として、各海域に加入するブリ当歳魚とその発生海域の関係および発生海域ごとの相対的な重要性が明らかとなり、また資源状態や海洋レジーム、年(級)によるそれらの違いも比較、検討可能となることから、本手法の確立は今後のブリ来遊量予測および資源管理手法の向上に大きく貢献しうると考えられる。

(井関智明, 吉田一範)

執筆者連絡先

井関智明 (Tomoaki Iseki) 日本海区水産研究所 〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22 (Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., Suido-cho, Chu-ou, Niigata 951-8121 Japan)

吉田一範 (Kazunori Yoshida) 五島栽培漁業センター 〒085-0508 五島市玉之浦町布浦122-7 (Goto Natl Center for Stock Enhancement, Nunoura, Tamanoura, Goto, Nagasaki 085-0508 Japan)

太平洋における成長段階別の回遊様式の把握

緒 言

ブリは我が国沿岸の大型定置網における重要対象種であることから、その回遊について古くから関心が持たれ、樹脂製や金属製の外部標識を用いた放流調査が盛んに行われてきた（山本ほか，2007）。このような標識放流調査と漁場の季節的移動や体長測定等によって、太平洋側におけるブリの回遊様式の概要が推定されている（浅見他，1967；三谷，1960；Okata, 1976；田中，1972a；1972b；1975）。すなわち、未成魚は、相模湾以南では大きな回遊を行わないが、東北と外房の間では夏に北上・冬に南下するという季節的南北移動を行う。また、成魚は産卵のために東北から九州までの南北回遊を行う。さらに、このような成魚の回遊様式は年代によって変化する可能性が指摘され、1920-30年代では東北から熊野灘までおよび熊野灘から四国・九州までの回遊群が、1960年代では東北から相模湾までおよび相模湾から四国・九州への回遊へと変化したとされた（田中，1973）。また、各地において回遊を行わない根付き群が存在するといわれている（栗田，1961；三谷，1960）。

これまで用いられてきた一般的な標識で得られる回遊に関する情報は、放流と再捕の位置と日付のみである。したがって、放流から再捕までの実際の回遊経路は不明であった。近年、照度・水深・水温データが日付および時刻とともに内部メモリに蓄積されるアーカイバルタグを用いた研究により、日本海側におけるブリの回遊の詳細が明らかにされた（井野ほか，2006）。太平洋側でも同様の調査による近年のブリの回遊様式の解明が求められている。

2006年度から2008年度までの3年間、水研センタープロジェクト研究「日本周辺海域におけるブリの回遊と海洋環境の関係解明に基づく来遊量予測手法開発」が行われ、太平洋側においては中央水産研究所、三重県科学技術振興センター水産研究部（現三重県水産研究所）、高知県水産試験場、宮崎県水産試験場の共同によって、太平洋側各地においてアーカイバルタグの装着と放流を行った。これに先駆け、2004年3月から2006年1月において中央水産研究所と三重県科学技術振興センター水産研究部は、熊野灘におけるブリへのアーカイバルタグ装着放流を行った。また、このプロジェクト研究終了後の2009年4月にも、前記プロジェクト研究参画機関により、それまでに回収されたタグを再利用して相模湾において放流を行った。この報告の執筆後にもタグの回収が予想されるが、ここでは2009年4月までの再捕結果を取りまとめ、アーカイバルタグ装着魚の放流と再捕によって明らかにされた太平洋におけるブリの成長段階別の回遊様式について述べる。

（阪地英男）

2. 太平洋における成長段階別の回遊様式の把握

(1) 年齢別回遊群について

材料と方法

2004年から2009年にかけて、岩手県から宮崎県に至る太平洋側において、当歳魚から成魚までのいくつかの成長段階のブリにアーカイバルタグを装着して放流した (Table 2-1)。放流を実施した場所は、三陸沖、外房沖、相模湾、志摩半島沖、室戸岬沖、足摺岬沖、佐田岬沖、日向灘北部、日向灘南部であった (Fig. 2-1)。放流魚は、それぞれの放流地近くの定置網 (一部は釣り) によって漁獲された個体を用いた。

放流魚の年齢は、銘柄および河合 (1967) と古藤 (1985) を参考にして尾叉長から判断し、イナダ・シヨッコを0歳、ワラサ・トクを1歳、80 cm未満のブリを2歳、80 cm以上のブリを3歳以上とした。河合

(1967) は3月加齢時の、古藤 (1985) は3・4・5月加齢時の年齢別平均尾叉長を示したが、本研究では主に1-5月に放流を行ったことから、同じ年級群を放流月によって異なる年齢で示すことのないように、加齢月を6月とした。したがって、ここで用いた放流時の年齢は河合 (1967) と古藤 (1985) の満年齢になる直前のものであり、それらより1年若く表現されている。例えば、本研究で1-5月の放流時に2歳としたものは、河合 (1967) および古藤 (1985) における満3歳直前のものである。

用いたアーカイバルタグは、Lotek社製のLTD2310とWildlife Computers社製のMk9であった。LTD2310では、照度の測定間隔は1分に固定されており、体外水温・体内水温・水深は使用者が設定可能

Table 2-1. 本研究において、我が国太平洋側でブリの放流調査を行った日付、場所、放流魚の個体数と体サイズ (尾叉長)、使用したアーカイバルタグ型式

* Mk9はWildlife Computers社製、Ltd2310はLotek Wireless社

Dates, locations, numbers of fish, size of fish (fork length), and archival tag models used in the tagging research of the yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) in the Pacific coast of Japan.

* Mk9 is a product of Wildlife Computers and Ltd2310 is one of Lotek Wireless

Date	Location of release	Number of fish	Size of fish (cm)	Archival tag model*
12 Mar. 2004	Shima (34°14'N, 136°52'E)	10	76.5-82.0	Mk9, Ltd2310
17 Feb. 2005	Shima (34°14'N, 136°52'E)	6	66.6-69.9	Mk9
		10	81.5-92.8	
24 Mar. 2005	Shima (34°14'N, 136°52'E)	12	72.6-91.5	Mk9
26 Jan. 2006	Shima (34°12'N, 136°52'E)	10	68.7-73.9	Ltd2310
		6	44.7-48.8	
24 Apr. 2006	Shima (34°11'N, 136°53'E)	12	72.0-80.3	Mk9, Ltd2310
2 Nov. 2006	Sanriku (39°06'N, 141°56'E)	10	36.0-38.9	Ltd2310
20 Feb. 2007	North of Hyuga-nada (32°38'N, 131°47'E)	10	78.0-89.0	Ltd2310
13 Mar. 2007	Cape Muroto (33°13'N, 134°11'E)	10	76.0-83.5	Ltd2310
15 May 2007	Cape Ashizuri (32°41'N, 133°01'E)	10	68.5-84.3	Ltd2310
7 Nov. 2007	Sanriku (39°06'N, 141°56'E)	10	34.0-39.0	Ltd2310
20 Nov. 2007	Sagami Bay (35°03'N, 139°06'E)	10	33.8-37.8	Ltd2310
4 Mar. 2008	South of Hyuga-nada (31°28'N, 131°25'E)	10	83.5-93.3	Ltd2310
1 Oct. 2008	Sanriku (39°06'N, 141°56'E)	11	52.2-57.3	Ltd2310
12 Nov. 2008	Cape Sada (33°19'N, 132°00'E)	7	56.2-61.2	Mk9, Ltd2310
		3	68.5-70.0	
17 Mar. 2009	Sotobo (35°05'N, 140°07'E)	10	71.5-80.8	Ltd2310
17 Apr. 2009	Sagami Bay (35°03'N, 139°06'E)	7	73.3-77.3	Ltd2310
Total		174	33.8-93.3	Mk9 (54 fish) Ltd2310 (120 fish)



Fig. 2-1. 太平洋側でのブリ標識放流調査における放流位置：A 三陸；B 外房；C 相模湾；D 志摩；E 室戸岬；F 足摺岬；G 佐田岬；H 日向灘北部；I 日向灘南部
Locations of the releasing point in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) in the Pacific coast of Japan. A, Sanriku; B, Sotobo; C, Sagami Bay; D, Shima; E, Cape Muroto; F, Cape Ashizuri; G, Cape Sada; H, north of Hyuga-nada; I, south of Hyuga-nada.

である。Mk9では、照度・体外水温・体内水温・水深とも使用者が設定できる。

アーカイバルタグの装着から放流までの過程は久野、阪地（2006）に述べたとおりである。すなわち、肛門よりやや前方の腹部を5 cm 程度切開し、腹腔内にアーカイバルタグを挿入して傷口を縫合し、目印として背鰭両側に2本のダートタグを装着した。アーカイバルタグ装着終了後、漁船により魚を沖合に運び、すみやかに放流した。

三陸沖では、岩手県大船渡市越喜来湾湾口の首崎の大型定置網に入網した個体を用いた。2006年11月2日においてFL（尾叉長）36.0-38.9 cm のショッコ銘柄10個体、2007年11月7日においてFL 34.0-39.0 cm のショッコ銘柄10個体、2008年10月1日においてFL 52.2-57.3 cm のワラサ銘柄10個体を、首崎沖放流した。用いたアーカイバルタグはすべてLTD2310であり、水温と水深の測定間隔を2分とした。

外房沖では、千葉県鴨川市沖の大型定置網に入網した個体を用い、2009年3月17日においてFL

71.5-80.8 cm のブリ銘柄10個体を鴨川市沖で放流した。用いたアーカイバルタグはすべてLTD2310であり、水温と水深の測定間隔を2分とした。

相模湾では、静岡県熱海市網代沖で釣獲されたFL 33.8-37.8 cm のイナダ銘柄10個体を2007年11月20日に、同じく網代沖の大型定置網に入網したFL 73.3-77.3 cm のブリ銘柄7個体を2009年4月17日に、それぞれ網代沖で放流した。用いたアーカイバルタグはすべてLTD2310であり、測定間隔を2分とした。

志摩半島沖では、三重県志摩市志摩町片田沖および和具沖の大型定置網に入網した個体を用いた。2004年3月12日には、片田沖で漁獲されたFL76.5-82.0 cm のブリ銘柄10個体に、測定間隔を5分とした9本のMk9と1本のLTD2310を装着し、片田沖で放流した。2005年2月17日には、片田沖で漁獲されたFL66.6-69.9 cm のワラサ銘柄6個体およびFL81.5-92.8 cm のブリ銘柄10個体に、測定間隔を1分としたMk9を装着し、片田沖で放流した。2005年3月24日には、片田沖で漁獲されたFL72.6-91.5 cm

のブリ銘柄12個体に、測定間隔を1分としたMk9を装着し、片田沖で放流した。2006年1月26日では、和具沖で漁獲されたFL68.7-73.9 cmのワラサ銘柄10個体に、測定間隔を2分としたLTD2310を装着し、和具沖で放流した。2006年4月24日では和具沖で漁獲されたFL44.7-48.8 cmのイナダ銘柄6個体およびFL72.0-80.3 cmのブリ銘柄12個体に、測定間隔を1分とした8本のMk9および測定間隔を2分とした10本のLTD2310を装着し、和具沖で放流した。

室戸岬沖では、高知県室戸市高岡沖の大型定置網に入網した個体を用い、2007年3月13日においてFL76.0-83.5 cmのブリ銘柄10個体を放流した。用いたアーカイバルタグはLTD2310であり、水温と水深の測定間隔を2分とした。

足摺岬沖では、高知県土佐清水市伊佐沖の大型定置網に入網した個体を用い、2007年5月15日においてFL68.5-84.3 cmのブリ銘柄10個体を放流した。用いたアーカイバルタグはLTD2310であり、水温と水深の測定間隔を2分とした。

佐田岬沖では、愛媛県伊方町三崎周辺で釣獲された個体を用い、2008年11月12日においてFL56.2-61.2 cmのトク銘柄7個体およびFL68.5-70.0 cmのブリ銘柄3個体を放流した。用いたアーカイバルタグは9本のMk9と1本のLTD2310であり、測定間隔はMk9では1分およびLTD2310では2分とした。

日向灘北部では、宮崎県延岡市浦城沖の大型定置網で漁獲された個体を用い、2007年2月20日においてFL78.0-89.0 cmのブリ銘柄10個体を放流した。用いたアーカイバルタグはLTD2310であり、測定間隔を2分とした。

日向灘南部では、宮崎県串間市築島の大型定置網に入網した個体を用い、2008年3月4日にFL83.5-93.3 cmのブリ銘柄10個体を串間市水島の南沖で放流した。用いたアーカイバルタグはLTD2310であり、測定間隔を2分とした。

室戸岬、足摺岬、および日向灘南部における放流では、放流前の個体の生殖孔にカニキュレを挿入して生殖細胞の一部を採取し、放流魚の雌雄判別を行った。

以上のように、2004年3月から2009年4月までの間に、我が国太平洋側の9カ所において、16回にわたって合計174個体の放流を行い、このうち54個体にMk9、120個体にLTD2310を装着した。用いたアーカイバルタグには、回収後に再利用したものも含まれる。

回収された日ごとの位置情報（緯度・経度）および設定した測定間隔ごとの体内・体外水温と水深情報を用いて位置推定を行った。得られた位置情報の

うち、緯度は短期間で数十度の範囲を変動したが、経度の変動幅は2度程度で安定していた。ブリは太平洋側では黒潮内側域に生息する沿岸魚であり（浅見ら、1967）、沖合域に広く分布することはないと考えられることから、緯度は使用せず、得られた経度の9項移動中央値の変動幅にある日本列島沿岸を生息域とした。さらに、得られた水温と水深のデータを人工衛星による表面水温の水平分布図や、CTD観測による水温の鉛直プロファイルと比較し、可能な場合にはさらに詳しい位置を決定した。CTD観測データは、三重県水産研究所、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所、高知県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、大分県農林水産研究センター水産試験場、宮崎県水産試験場、鹿児島県水産技術開発センターによるものを使用した。

結 果

全体の再捕とデータ回収状況 放流を行った174個体のうち2009年4月30日現在で88個体（50.6 %）が再捕され、79個体（45.4 %）からデータを回収することができた（Table 2-2）。再捕数よりデータ回収数が少ないのは、アーカイバルタグの不調やダートタグのみの回収があったためである。

2009年4月30日時点で放流からの経過時間の短い2009年3月外房放流群と2009年4月相模湾を除くと、放流群別の再捕率は2歳と3歳以上を対象とした2004年3月志摩半島沖放流群で100 %と最高であり、0歳を対象とした2007年11月相模湾放流群と3歳以上を対象とした2008年3月日向灘南部放流群で20 %と最低であった。年齢別の再捕率は、0歳で36.1 %、1歳で50 %、2歳で55.4 %、3歳以上で56.3 %であった。

三陸放流群 岩手県大船渡市首崎から放流した0歳20個体と1歳10個体のうち、0歳8個体と1歳6個体が再捕された（Table 2-3）。

0歳（ショッコ銘柄）を対象とした2006年11月2日放流群では、放流した10個体のうち5個体が大型定置網によって再捕され、そのうちの4個体から1、7、8、602日のデータを回収した。再捕場所は、放流場所付近（綾里）、金華山沖、仙台湾（塩竈沖）、外房（千倉）であった（Fig. 2-2）。放流から283日後の2007年8月12日に塩竈沖の仙台湾で再捕されたD0582では、アーカイバルタグを回収することができなかった。

0歳（ショッコ銘柄）を対象とした2007年11月7日放流群では、放流した10個体のうち3個体が大型定置網によって再捕され、それらのすべてから2、30、58

Table 2-2. 2009年4月30日現在、太平洋沿岸で実施したブリのアーカイバルタグ装着放流調査における調査別・推定年齢別の放流数・再捕数（率）・データ回収数（率）

Estimated ages of fish at release, numbers and percentages of recaptured fish and recovered data in 30 April 2009, in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags in the Pacific coast of Japan.

Date	Location of release	Age (year)	Number of released fish	Recaptured fish		Recovered data	
				Number	(%)	Number	(%)
12 Mar. 2004	Shima	2	8	8	(100)	3	(37.5)
		3+	2	2	(100)	1	(50.0)
		total	10	10	(100)	4	(60.0)
17 Feb. 2005	Shima	1	6	5	(83.3)	5	(83.3)
		3+	10	6	(60.0)	5	(50.0)
		total	16	11	(68.8)	10	(62.5)
24 Mar. 2005	Shima	2	6	5	(83.3)	5	(83.3)
		3+	6	4	(66.7)	4	(66.7)
		total	12	9	(75.0)	9	(75.0)
26 Jan. 2006	Shima	1	10	3	(30.0)	3	(30.0)
26 Apr. 2006	Shima	0	6	3	(50.0)	3	(50.0)
		2	11	9	(81.8)	9	(81.8)
		3+	1	1	(100)	1	(100)
		total	18	13	(72.2)	13	(72.2)
2 Nov. 2006	Sanriku	0	10	5	(50.0)	4	(40.0)
20 Feb. 2007	north of Hyuga-nada	2	1	1	(100)	1	(100)
		3+	9	6	(66.7)	6	(66.7)
		total	10	7	(70.0)	7	(70.0)
13 Mar. 2007	Cape Muroto	2	4	2	(50.0)	2	(50.0)
		3+	6	3	(50.0)	3	(50.0)
		total	10	5	(50.0)	5	(50.0)
15 May 2007	Cape Ashizuri	2	7	5	(71.4)	5	(71.4)
		3+	3	2	(66.7)	2	(66.7)
		total	10	7	(70.0)	7	(70.0)
7 Nov. 2007	Sanriku	0	10	3	(30.0)	3	(30.0)
20 Nov. 2007	Sagami Bay	0	10	2	(20.0)	2	(20.0)
4 Mar. 2008	south of Hyuga-nada	3+	10	2	(20.0)	1	(12.5)
1 Oct. 2008	Sanriku	1	11	6	(54.5)	6	(60.0)
		2	7	3	(42.9)	3	(42.9)
		3+	3	0	(0)	0	(0)
12 Nov. 2008	Cape Sada	total	10	3	(30.0)	3	(30.0)
		2	9	0	(0)	0	(0)
		3+	1	1	(100)	1	(100)
17 Mar. 2009	Sotobo	total	10	1	(10.0)	1	(10.0)
		2	7	1	(14.3)	1	(14.3)
17 Apr. 2009	Sagami Bay	0	36	13	(36.1)	12	(33.3)
		1	34	17	(50.0)	17	(50.0)
		2	56	31	(55.4)	26	(46.4)
		3+	48	27	(56.3)	24	(50.0)
		total	174	88	(50.6)	79	(45.4)

日間のデータを回収した。再捕場所は、放流場所近く（首崎）および三陸南部（志津川、黒崎）であった（Fig. 2-2）。

1歳（ワラサ銘柄）を対象とした2008年10月1日放流群では、放流した10個体のうちの6個体が大型定置網と刺網によって再捕され、それらのすべてから2、

21、24、27、33、34日間のデータを回収した。再捕場所は、放流場所近く（綾里）、三陸南部（大洲、北上、椿島）、金華山沖であった（Fig. 2-2）。

602日という長期にわたるデータを回収することのできた放流時0歳のD0877の移動経路は、次のようであった（Fig. 2-3）。0歳時には、2006年11月2日に首

Table 2-3. フリ三陸沿岸放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別

ND, F, M は、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す
*では、タグの故障または脱落によってアーカイバルデータを得ることができなかった。

Information of recaptured fish in the released group from Sanriku in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data and female and male, respectively. * An archival data was not taken for disorder or loss of the tag

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D0720-1		37.8	0	3 Nov.2006	1	Ayasato	set net	ND	ND	ND	ND
D0588-1		38.4	0	9 Nov.2006	7	Kinkazan	set net	ND	0.9	ND	ND
D0827-1	2 Nov.	37.8	0	10 Nov.2006	8	Kinkazan	set net	37.5	0.9	ND	ND
*D0582	2006	38.3	0	12 Aug.2007	283	off Shiogama	angling	ND	ND	ND	ND
D0877		38.9	0	26 Jun.2008	602	Chikura	set net	ND	3.6	ND	ND
D2908-2	7	36.0	0	9 Nov.2007	2	Kubisaki	set net	36.5	0.7	ND	ND
D2901-3	Nov.	34.0	0	7 Dec.2007	30	Shizugawa	set net	33.0	ND	ND	ND
D2910-2	2007	36.0	0	4 Jan.2008	58	Kurosaki	set net	ND	0.7	ND	ND
D2901-1		52.2	1	3 Oct.2008	2	Ayasato	set net	ND	2.2	ND	ND
D1848-1		53.0	1	22 Oct.2008	21	Kinkazan	set net	53.5	2.2	5	F
D4583-1	1 Oct.	53.1	1	25 Oct.2008	24	Kinkazan	set net	52.7	2.1	1	M
D2890-1	2008	57.2	1	28 Oct.2008	27	Ozu	gill net	57.4	2.7	0	ND
D2908-1		57.3	1	4 Nov.2008	34	Kitakami	gill net	ND	ND	ND	ND
D2957		55.1	1	4 Nov.2008	34	Tsubaki-jima	set net	56.3	2.5	1	M

崎から放流された後すぐに常磐沖まで南下し、12月から翌年3月までは鹿島灘から九十九里沿岸に、4月から5月頃まで常磐沖に滞留した。1歳時には、鹿島灘から外房沖に滞留し、2歳となって2008年6月26日に房総半島南端の千倉で再捕された。これに比べて短期間で再捕された他の個体は、0・1歳ともに放流場所から北上することなく再捕場所まで南下した。

外房放流群と相模湾放流群 千葉県鴨川市沖から放流した2歳（ブリ銘柄）9個体と3歳以上1個体（外房放流群）、静岡県熱海市網代から放流した0歳（イナダ銘柄）10個体および2歳（ブリ銘柄）7個体（相模湾放流群）のうち、外房放流群の3歳以上1個体、および相模湾半島東岸放流群の0歳2個体と、2歳1個体が、それぞれ大型定置網によって再捕された（Table 2-4）。再捕場所は、3歳以上の外房放流群では相模湾（網代）、0歳の相模湾放流群では伊豆半島東岸（網代、川奈）、2歳の相模湾放流群では三浦半島西岸（秋谷）であった（Fig. 2-4）。

外房放流群1個体および相模湾放流群3個体の移動

経路は、次のようであった（Fig. 2-5）。放流時3歳以上のD4627は、2009年3月17日に鴨川で放流されてから4月上旬頃まで房総半島南端から大島東水道付近に滞留し、4月中旬になってから大島北岸沖を通過して網代付近に達し、4月14日に定置網に入網した。放流時0歳のD2886-1とD2890-1は、0歳時の2007年11月に網代で放流されてから再捕されるまで、伊豆半島東岸に滞留していた。放流時2歳のD1848-2は、2009年4月17日に網代で放流されてから相模湾を出ることなく東進し、6日後に対岸の三浦半島西岸に達した。

志摩半島放流群 2004年3月12日の志摩半島（片田）沖放流群では、放流した2歳（ブリ銘柄）8個体と3歳以上2個体のすべてが大型定置網によって放流から725日後までに再捕され、このうちの4個体から最長で364日間のデータを回収することができた（Table 2-5-1）。再捕場所は、放流地近くを含む紀伊半島東岸（片田、阿曾、方座、錦、早田、宇久井）および四国南東岸（佐喜浜）であった（Fig. 2-6）。

2005年2月17日の志摩半島（片田）沖放流群では、

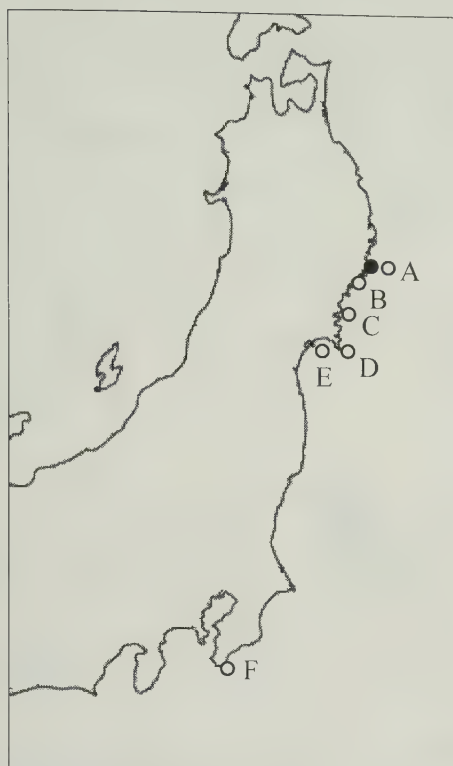


Fig. 2-2. プリ標識放流調査における三陸（首崎）放流群の放流位置（●）と再捕位置（○）：A 首崎，綾里；B 黒崎，大洲，椿島；C 志津川，北上；D 金華山；E 塩竈；F 千倉

Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from Sanriku (Kubisaki, closed circle) in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Kubisaki and Ayasato; B, Kurosaki, Ozu and Tsubakijima; C, Shizugawa and Kitakami; D, Kinkazan; E, Shiogama; F, Chikura.

放流した1歳（ワラサ銘柄）6個体，3歳以上（プリ銘柄）10個体のうち，1歳5個体，3歳以上6個体が，大型定置網と釣りによって放流から1,027日後までに再捕され，このうちの10個体から最長で1,027日間のデータを回収することができた（Table 2-5-2）。この放流群の0490197から回収した1,028日間のデータは，本研究における最長の記録となった。再捕場所は，放流場所近くを含む紀伊半島東岸（片田，和具，錦，松島，九鬼，二木島），四国南東岸（椎名），四国南西岸（貝の川，古満目，足摺岬沖）であった（Fig. 2-6）。

2005年3月24日の志摩半島（片田）沖放流群では，放流した2歳（プリ銘柄）6個体と3歳以上（プリ銘柄）6個体のうち，2歳5個体と3歳以上4個体が大型定置網によって放流から433日後までに再捕さ

れ，そのすべてからデータを回収することができた（Table 2-5-2）。ただし，0490192-2ではアーカイバルタグのストックが放流期間中の2005年7月20日に何らかの原因で切断されており，その後に得られたデータは体内温度と水深のみであった。再捕場所は，紀伊半島東岸（方座，九鬼，梶賀，宇久井，太地），四国南東岸（佐喜浜），四国南西岸（古満目）であった（Fig. 2-6）。

2006年1月26日の志摩半島（和具）沖放流群では，放流した1歳（ワラサ銘柄）10個体のうち3個体が大型定置網によって放流から394日後までに再捕され，それらのすべてからデータを回収することができた（Table 2-5-3）。再捕場所は，紀伊半島東岸（島勝）と四国南西岸（興津）であった（Fig. 2-6）。

2006年4月26日の志摩半島（和具）沖放流群では，放流した0歳（イナダ銘柄）6個体と2歳（小プリ銘柄）11個体および3歳以上1個体のうち，0歳3個体と2歳9個体および3歳以上1個体が大型定置網と刺網によって放流から337日後までに再捕され，それらのすべてからデータを回収することができた（Table 2-5-3）。再捕場所は，すべての個体において紀伊半島東岸の熊野灘（波切，片田，浜島，贅浦，錦，九鬼，早田，宇久井）であった（Fig. 2-6）。0490027の再捕報告は鮮魚商からであったために詳細な再捕地は不明であるが，三重県内のプリ生産地（熊野灘沿岸）からの購入であったという。

2004年3月12日に片田から放流された2歳8個体と3歳以上2個体のうち，2歳3個体と3歳以上1個体の回遊経路が明らかとなった。

放流時に2歳であった個体の回遊経路は以下のものであった。0390160と2009は熊野灘を南下し，放流からそれぞれ11日後と23日後に熊野灘南部の宇久井に達した（Fig. 2-7）。0390159は放流された後に西に向かい，4月には四国南東岸に達し，5月までそこに滞留した。その後さらに西に向かい，3歳となった6月から9月まで四国南西岸に滞留した。10月には東に移動して熊野灘に達し，11月から12月に遠州灘に滞留した後，翌年1月に再び熊野灘に移動し，西に向かう途中で2005年3月11日に早田で再捕された（Fig. 2-8）。

放流時に3歳以上であった個体の回遊経路は以下のものであった。0390166は放流された後に西に向かい，4月には四国南東岸に達し，5月までそこに滞留した。その後東に戻り，4歳以上となった6月には遠州灘付近にいたが，すぐに熊野灘に移動して翌年の2月までそこに滞留し，2005年3月11日に片田で再捕された（Fig. 2-9）。

2005年2月17日に片田から放流された3歳以上

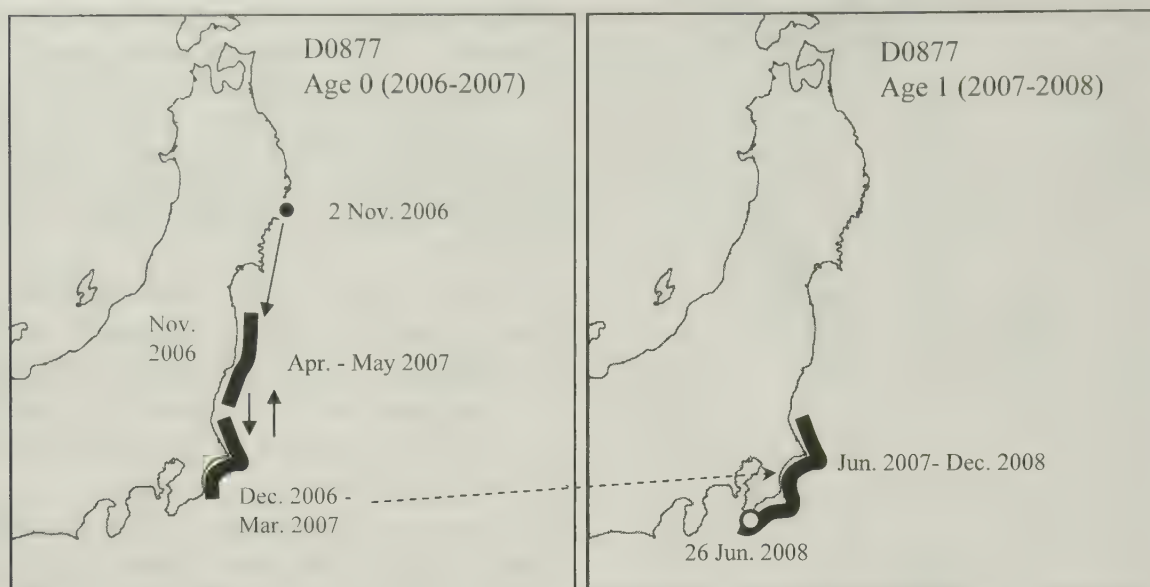


Fig. 2-3. 0歳時の2006年11月2日に三陸（首崎）から放流され、2008年6月26日に外房（千倉）で再捕された D0877の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of D0877 that was released from Sanriku (Kubisaki) in 2 November 2006 (when age zero year) and recaptured in Sotobo (Chikura) in 26 June 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

Table 2-4. ブリ外房および相模湾放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別
3+は3歳以上を、ND、F、Mは、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す。

Information of recaptured fish in the released group from Sotobo and Sagami Bay in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively, and 3+ denotes 3 years and over.

No.	At release				Date	Duration (day)	At recapture					
	Date	Location	FL (cm)	Age (year)			Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D2886-1	20 Nov. 2007	Ajiro	35.7	0	10 Dec. 2007	20	Ajiro	set net	ND	ND	ND	ND
D2890-1			37.8	0	7 Sep. 2008	292	Kawana	set net	ND	ND	ND	ND
D4627	17 Mar. 2009	Kamo- gawa	80.8	3+	14 Apr. 2009	28	Ajiro	set net	79.0	7.9	165	F
D1848-2	17 Apr. 2009	Ajiro	73.5	2	23 Apr. 2009	6	Akiya	set net	73.8	6.7	102	F

10個体のうち、5個体の回遊経路が明らかとなった。0490193-1、0490192-1、0490198-1は西に向かい、0490193-1は6日後に熊野灘南部の九鬼に、0490192-1は19日後に四国南東岸の椎名に、0490198-1は69日後に四国南西岸の古満目に、それぞれ達した (Fig. 2-10)。アーカイバルタグを回収することができ

なかったものの、0490006も放流から57日後に四国南西岸の貝の川で再捕された。133日間のデータを得ることのできた0490004-1の移動経路は、次のようであった (Fig. 2-11)。この個体は放流後西に向かい、3月には四国南西岸に達し、5月までそこに滞留した。5月後半には豊後水道を北上して速吸瀬戸付近に達し

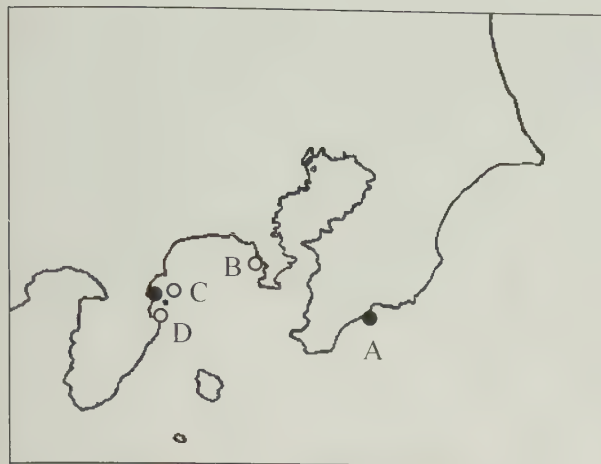


Fig. 2-4. プリ標識放流調査における外房（鴨川）および相模湾（網代）放流群の放流位置（●）と再捕位置（○）：A 鴨川；B 秋谷；C 網代；D 川奈
Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from Sotobo (Kamogawa, closed circle) and Sagami Bay (Ajiro, closed circle) in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Kamogawa; B, Akiya; C, Ajiro; D, Kawana.

たが、4歳以上となった6月には一気に四国南東岸にまで戻り、さらに東に戻って2005年6月30日に熊野灘の松島で再捕された。0490008-1は、放流後すぐに西に向かい3月には四国南西岸に達し、5月までそこに滞留した。その後、5月後半に一気に東に戻り、4歳以上となった6月から翌年の3月まで遠州灘付近に滞留し、放流から2回目の南下途上の2006年4月21日に熊野灘の錦で再捕された (Fig. 2-12)。

2005年2月17日に片田から放流された1歳6個体のうち、5個体の回遊経路が明らかとなった。0490195-1, 0490002-1, 0490202, 0490199は、それぞれ放流から66, 81, 86, 283日後に再捕されるまで紀伊半島東岸沿岸に滞留した (Fig. 2-13)。本研究で最も長期間である1,028日間のデータを得ることができた0490197の移動経路は、次のようであった (Fig. 2-14)。この個体は、放流後4月頃まで紀伊半島東岸に滞留した後、5月には紀伊半島西岸から四国南東岸に移動した。2歳となった2005年6月から2006年3月まで紀伊半島西岸から四国南東岸に滞留し、4月に四国南西岸から豊後水道外域に移動して5月まで滞留した。3歳となった2006年6月から4歳の2007年12月まで引き続きこの海域に滞留し、2007年12月12日に足摺岬沖で再捕された。

Table 2-5-1. 2004年のプリ志摩半島（片田）放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別 3+ は3歳以上を、ND, F, M は、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す。*では、タグの故障または脱落によってアーカイバルデータを得ることができなかった。
Information of recaptured fish released from Shima (Katada) in 2004 in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively. * An archival data was not taken for the disorder of the tag.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
*0390165		78.0	2	17 Mar. 2004	5	Nishiki	Set net	78.0	7.7	241	M
0390160		78.1	2	23 Mar. 2004	11	Ugui	Set net	77.0	7.8	328	M
2009		79.1	2	4 Apr. 2004	23	Ugui	Set net	78.5	8.4	380	M
*0390158		78.2	2	22 Apr. 2004	41	Hoza	Set net	79.0	ND	ND	ND
*0390161	12 Mar. 2004	77.9	2	8 Feb. 2005	353	Aso	Set net	82.5	9.9	490	M
*0390162		81.1	3+	7 Mar. 2005	360	Aso	Set net	85.5	11.2	539	F
0390159		78.5	2	11 Mar. 2005	364	Haida	Set net	81.0	9.0	323	M
0390166		82.0	3+	11 Mar. 2005	364	Katada	Set net	87.0	10.6	428	M
*0390137		76.5	2	23 Mar. 2005	376	Aso	Set net	81.2	9.0	338	M
*0390108		78.0	2	7 Mar. 2006	725	Saki-hama	Set net	84.9	10.8	215	F

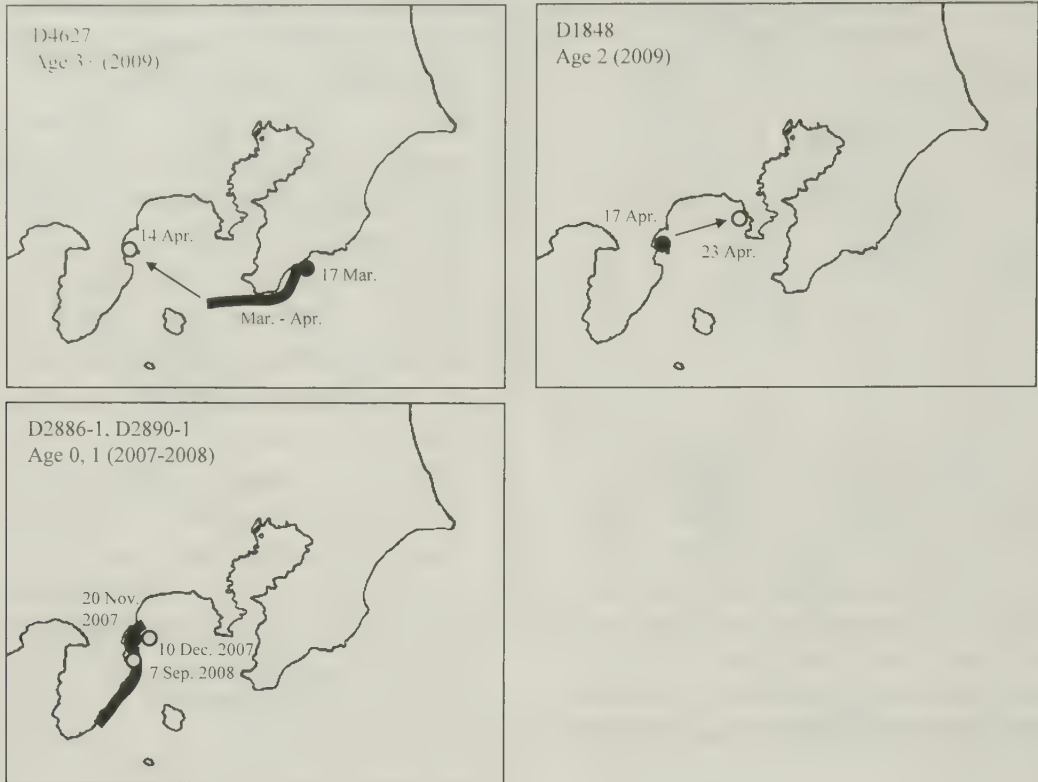


Fig. 2-5. 3 歳以上時の2009年3月17日に外房（鴨川）から放流され、2009年4月14日に相模湾（網代）で再捕された D4627 の移動；2 歳時の2009年4月14日に相模湾（網代）から放流され、2009年4月23日に相模湾（秋谷）で再捕された D1848 の移動；0 歳時の2007年11月20日に相模湾（網代）から放流され、2007年12月10日に相模湾（網代）で再捕された D2886-1 と2008年9月7日に相模湾（川奈）で再捕された D2890-2 の移動：●は放流位置，○は再捕位置
 Migrations of D4627 that was released from Sotobo (Kamogawa) in 17 March 2009 (when age over three years) and recaptured in Sagami Bay (Ajiro) in 14 April 2009; D1848 that was released from Sagami Bay (Ajiro) in 17 April 2009 (when age two years) and recaptured in Sagami Bay (Akiya) in 23 April 2009; D2886-1 and D2890-1 that were released from Sagami Bay (Ajiro) in 20 Nov. 2007 (when age zero year) and recaptured in Sagami Bay (Ajiro in 10 Dec. 2007 and Kawana in 7 Sep. 2008): closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

2005年3月24日に片田から放流した3歳以上6個体のうち、4個体の回遊経路が明らかとなった。0490193-2は放流後すぐに東に移動して遠州灘から房総までの海域に達し、4歳以上となった後も2006年2月頃までそこに滞留した。その後、2月末頃に西に移動し、放流から348日後の2006年3月7日に四国南東岸の佐喜浜に達したところを再捕された(Fig. 2-15)。0490010は熊野灘を南下し、放流から10日後までに熊野灘南部の太地に達した(Fig. 2-16)。0490020-1は、放流後すぐに西に移動して四国南西岸から豊後水道外域に移動し、5月までそこに滞留した。その後、4歳以上となった6月に東に移動して、7月から翌年の2月まで遠州灘から伊豆に至る海域に滞留した。3月に

は再び西に移動して四国南西岸から豊後水道外域に達し、5月までをそこで過ごした後に東に移動し、2006年5月26日に熊野灘南部の宇久井に達したところを再捕された(Fig. 2-16)。0490319-1は、放流後すぐに西に移動して四国南西岸から豊後水道外域に移動し、5月までそこに滞留した。4歳以上となった6月に東に移動して、7月から翌年の2月まで遠州灘から伊豆に至る海域に滞留した。その後、3月には再び西に移動して四国南西岸から豊後水道外域を通過して薩南に達し、5月頃までをそこで過ごした後に東に移動し、2006年5月31日に四国南西岸の古満目に達したところを再捕された(Fig. 2-17)。

2005年3月24日に片田から放流した2歳6個体のう

Table 2-5-2. 2005年のブリ志摩半島（片田）放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別 3+ は3歳以上を、ND, F, M は、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す。*では、タグの故障または脱落によってアーカイバルデータを得ることができなかった。**では、照度および体外水温センサーの故障のため、それらのアーカイバルデータを得ることができなかった。

Information of recaptured fish released from Shima (Katada) in 2005 in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively. * An archival data was not taken for the lost of the tag. ** Light level and external temperature data were not taken since these sensors were destroyed.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
0490193-1		92.8	3+	23 Feb. 2005	6	Kuki	set net	91.6	12.0	433	F
0490192-1		89.8	3+	8 Mar. 2005	19	Shiina	set net	92.8	12.3	ND	ND
*0490006		87.0	3+	15 Apr. 2005	57	Kaino- kawa	set net	ND	10.4	ND	ND
0490195-1		66.7	1	24 Apr. 2005	66	Katada	set net	67.1	4.5	39	F
0490198-1		92.4	3+	27 Apr. 2005	69	Komame	set net	93.0	13.2	909	F
0490002-1	17 Feb. 2005	66.6	1	9 May 2005	81	Katada	set net	68.0	4.5	13	M
0490202		68.0	1	14 May 2005	86	Nigi- shima	angling	ND	5.7	ND	ND
0490004-1		88.0	3+	30 Jun. 2005	133	Matsu- shima	set net	88.3	9.3	34	F
0490199		67.8	1	27 Nov. 2005	283	Wagu	set net	77.9	7.1	44	F
0490008-1		81.5	3+	21 Apr. 2006	428	Nishiki	set net	85.4	9.9	456	M
0490197		66.8	1	12 Dec. 2007	1,028	Cape Ashizuri	angling	ND	9.3	ND	ND
0490010		85.4	3+	3 Apr. 2005	10	Taiji	set net	ND	10.3	ND	ND
0490029-1		77.0	2	22 Apr. 2005	29	Ugui	set net	77.5	8.2	239	F
0490027-1		77.0	2	24 Apr. 2005	31	Hoza	set net	77.0	7.3	251	M
0490318-1		78.0	2	5 May 2005	42	Hoza	set net	77.4	7.4	408	F
0490035-1	24 Mar. 2005	79.0	2	16 Feb. 2006	329	Kajika	set net	83.2	9.7	78	F
0490193-2		85.2	3+	7 Mar. 2006	348	Saki- hama	set net	90.1	12.5	277	M
**0490192 -2		76.9	2	1 May 2006	403	Kuki	set net	82.6	10.0	1,063	M
0490020-1		88.5	3+	26 May 2006	428	Ugui	set net	88.6	8.5	43	M
0490319-1		91.5	3+	31 May 2006	433	Komame	set net	93.5	9.8	54	M



Fig. 2-6. ブリ標識放流調査における志摩（片田，和具）放流群の放流位置（●）と再捕位置（○）：A 波切；B 片田，和具；C 浜島；D 阿曽，贅浦，方座；E 錦；F 島勝；G 松島，九鬼，早田，梶賀，二木島；H 宇久井，太地；I 佐喜浜，椎名；J 興津；K 足摺岬，L 貝の川，古満目；点線で囲まれた地域は三重県でブリが漁獲される地域

Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from Shima (Katada and Wagu, closed circle) in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Nakiri; B, Katada and Wagu; C, Hamajima; D, Aso, Nie-ura and Hoza; E, Nishiki; F, Shimakatsu; G, Matsushima, Kuki, Haida, Kajika and Nigishima; H, Ugui and Taiji; I, Sakihama and Shiina; J, Okitsu; K, Cape Asizuri; L, Kainokawa and Komame; circled area by dotted line, Mie Prefecture.

ち、4 個体の回遊経路が明らかとなった。0490029-1 は熊野灘を南下途中に放流から29日後に宇久井で再捕され、0490027-1 と0490318-1 はほとんど移動せずにそれぞれ31日および42日後に片田で再捕された (Fig. 2-18)。0490035-1 は、放流から1ヶ月程度紀伊半島東岸に滞留し、5月に四国東南岸に移動した。その後、四国東南岸での短い滞留の後に東に戻り、3歳となった6月から翌年の1月まで遠州灘から伊豆に至る海域に滞留した後に西に移動し、2006年2月16日に熊野灘中部の梶賀に達したところを再捕された (Fig. 2-18)。

2歳で放流されて403日後に熊野灘の九鬼で再捕された0490192-2は、放流後東に向かって相模湾周辺に達した。しかし、放流から113日後の7月22日に照度と体外水温のセンサーを搭載したストークが切断されており、その後の移動経路は不明であった。

2006年1月26日に和具から放流した1歳10個体のうち、3個体の回遊経路が明らかとなった。D0584とD0628-1は放流から113日後に島勝で再捕されるまで、紀伊半島東岸に留まっていた (Fig. 2-19)。D0627は、放流されてから翌年の2月まで紀伊半島東岸に滞留し

た後に西に移動し、2007年2月24日に土佐湾の興津に達したところを再捕された (Fig. 2-19)。

2006年4月26日に和具から放流した2歳11個体のうち、9個体の回遊経路が明らかとなった。D0814-1, 0490002-2, 0490198-2, 0490029-2, 0490318-2, D0717-1, D0719は、放流から再捕までの期間を紀伊半島東岸に滞留し、174日後に波切で、254日後に片田で、270日後に早田で、295日後に九鬼で（2個体）、296日後に宇久井および錦で、それぞれ再捕された (Fig. 2-20)。0490195-2は、放流後6月まで紀伊半島東岸に滞留し、3歳となった6月に遠州灘から伊豆に至る海域に移動した。その後ゆっくりと西に向かい、12月頃までに紀伊半島東岸に達し、2007年2月24日に熊野灘南部の宇久井で再捕された (Fig. 2-21)。0490027-2は、放流後紀伊半島東岸を南下し、3歳となった6月には紀伊半島西岸から四国南東岸に至る海域に達し、そこに10月まで滞留した。11月には東に移動し、翌年の3月終わり頃まで遠州灘から伊豆に至る海域に滞留し、2007年3月29日に再捕される直前に三重県沿岸の熊野灘に移動した (Fig. 2-22)。

3歳以上で放流されて286日後に九鬼で再捕された

Table 2-5-3. 2006年のブリ志摩半島（和具）放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別 3+ は3歳以上を、ND, F, M は、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す。*では、タグの故障または脱落によってアーカイバルデータを得ることができなかった。 Information of recaptured fish released from Shima (Wagu) in 2006 in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively. * Light level and external temperature data were not taken since these sensors were destroyed.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D0584	26 Jan. 2006	68.7	1	19 May 2006	113	Shima- katsu	set net	70.5	6.3	338	F
D0628-1		69.7	1	19 May 2006	113	Shima- katsu	set net	72.5	5.9	184	M
D0627		69.3	1	24 Feb. 2007	394	Okitsu	set net	ND	ND	ND	ND
D0711	26 Apr. 2006	46.4	0	14 Sep. 2006	141	Nieura	set net	56.0	3.0	ND	M
D0814-1		76.1	2	17 Oct. 2006	174	Nakiri	gill net	82.7	7.8	8	M
D0712		48.8	0	21 Oct. 2006	178	Hama- jima	angling	ND	ND	ND	ND
D0835-1		46.5	0	17 Nov. 2006	205	Katada	set net	61.2	3.4	3	M
0490002-2		76.5	2	5 Jan. 2007	254	Katada	set net	82.5	10.2	59	F
0490198-2		75.7	2	21 Jan. 2007	270	Haida	set net	84.0	9.1	10	M
*0490193-3		80.3	3+	6 Feb. 2007	286	Kuki	set net	83.5	11.0	249	F
0490029-2		73.0	2	15 Feb. 2007	295	Kuki	set net	81.0	10.4	414	M
0490318-2		73.7	2	15 Feb. 2007	295	Kuki	set net	82.0	10.8	303	F
D0717-1		74.0	2	16 Feb. 2007	296	Ugui	set net	80.5	9.9	392	M
D0719		74.8	2	16 Feb. 2007	296	Nishiki	set net	83.5	11.5	297	F
0490195-2		74.9	2	4 Mar. 2007	312	Ugui	set net	83.5	10.1	191	F
0490027-2		72.0	2	29 Mar. 2007	337	Mie Pref.	ND	ND	ND	ND	ND

0490193-3は、放流後も紀伊半島東岸に滞留したが、放流から165日後の10月17日に照度と体外水温のセンサーを搭載したストークが切断されており、その後の移動経路は不明であった。

2006年4月26日に和具から放流した0歳6個体のうち、3個体の回遊経路が明らかとなった。D0711、D0712、D0835-1は放流から再捕までの期間を紀伊半島東岸で滞留し、141日後に賛浦で、178日後に浜島で、205日後に片田で、それぞれ再捕された (Fig. 2-23)。

室戸岬放流群 2007年3月13日の室戸岬放流群では、放流した2歳4個体および3歳以上6個体のうち、2歳2個体と3歳以上3個体が大型定置網と旋網によって放流から714日後までに再捕され、それらのすべてからデータを回収することができた (Table 2-6)。再捕場所は、外房（大原）、熊野灘南部（宇久井）、四国南東岸（鞆浦）、四国南西岸（以布利、伊佐）であった (Fig. 2-24)。

放流時に3歳以上であった個体の回遊経路は以下の

ようであった。D1743は、放流後すぐに四国南西岸に移動し、4、5月をそこで過ごし、4歳以上となった6月には東に移動して伊豆周辺に達し、7月頃に外房に移動して12月までそこに滞留し、2007年12月21日に外房の大原沖で再捕された (Fig. 2-25)。D1843-1は、4月には四国南西岸に移動して5月までをそこで過ごし、4歳以上となった6月に東に移動して遠州灘から伊豆に至る海域に達し、翌年の1月までをそこで過ごし、2月に再び西に移動して2007年2月8日に熊野灘南部の宇久井に達したところを再捕された (Fig. 2-26)。D1841-2は、放流後すぐに四国南西岸に移動し、4、5月をそこで過ごし、4歳以上となった6月以降もそこに滞留し続け、翌年2月に東に移動して紀伊半島西岸に達したがすぐに四国南西岸に戻り、2007年3月30日に足摺岬先端の伊佐で再捕された (Fig. 2-27)。

放流時に2歳であった個体の回遊経路は以下のようであった。D1746-1は放流後西に移動し、放流から35日後の4月17日に四国南西岸の以布利で再捕された (Fig. 2-28)。一方、D1844の移動経路は、次のようであった (Fig. 28)。この個体は放流後すぐに西に移動して4月には四国南西岸に達し、そこに短く滞在した後に5月には東に移動して四国南東岸から紀伊水道外域に至る水域に達した。6月に3歳となった後も、主に四国南東岸から紀伊半島西岸に至る紀伊水道とその外域に、翌年3月まで滞留した。この間の8月から9月には、紀伊半島東岸までの移動もみられた。3月になると西に移動して薩南に達し、4月までをそこで過ごした後、再び東に移動して5月には四国南東岸から

紀伊半島西岸に至る海域に達した。4歳となった2008年6月から、四国南東岸から紀伊半島西岸に至る紀伊水道とその外域に滞留し、2009年2月24日に四国南東岸の軺浦で再捕された。

足摺岬放流群 2007年5月15日の足摺岬放流群では、放流した2歳7個体および3歳以上3個体のうち、2歳5個体と3歳以上2個体が大型定置網と旋網および釣りによって放流から566日後までに再捕され、それらのすべてからデータを回収することができた (Table 2-7)。再捕場所は、放流場所付近 (足摺岬沖、窪津)、四国南東岸 (三津)、豊後水道南部であった (Fig. 2-29)。

回収されたデータから、7個体の回遊経路が明らかとなった。3歳以上で放流した D1854-1、および2歳で放流した D1850、D1849-1、D1855、D1848-3は、ほとんど移動せずに四国南西岸に滞留した (Fig. 2-30)。2歳で放流した D1853は、3歳となった後も四国南西岸から土佐湾に滞留したが、再捕される直前に東に移動して2月27日に四国南東岸の三津で再捕された (Fig. 2-31)。3歳以上で放流した D1742-2の移動経路は、次のようであった (Fig. 2-32)。この個体は、放流後すぐに豊後水道に移動し、4歳以上となって翌年の2月までそこに滞留したが、3月に日向灘を南下して薩南に達した。4月頃まで薩南に滞在した後に日向灘を北上して4月下旬に豊後水道に入り、5歳以上となって12月1日に水道南部で再捕されるまで豊後水道に滞留した。

佐田岬放流群 2008年11月12日の佐田岬放流群では、放流した1歳 (トク銘柄) 7個体のうちの3個

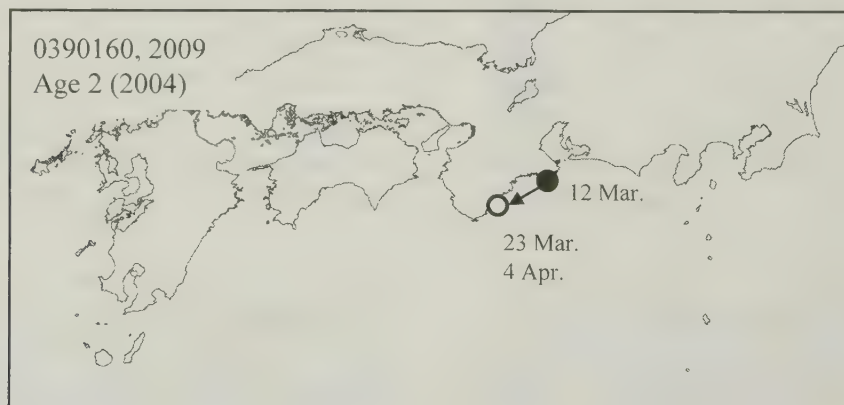


Fig. 2-7. 2歳時の2004年3月12日に志摩 (片田) から放流され、2004年3月23日と4月4日に熊野灘 (宇久井) で再捕された0390160と2009の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migrations of 0390160 and 2009 that were released from Shima (Katada) in 12 March 2004 (when age two years) and recaptured in Kumano-nada (Ugui) in 23 March and 4 April 2004: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

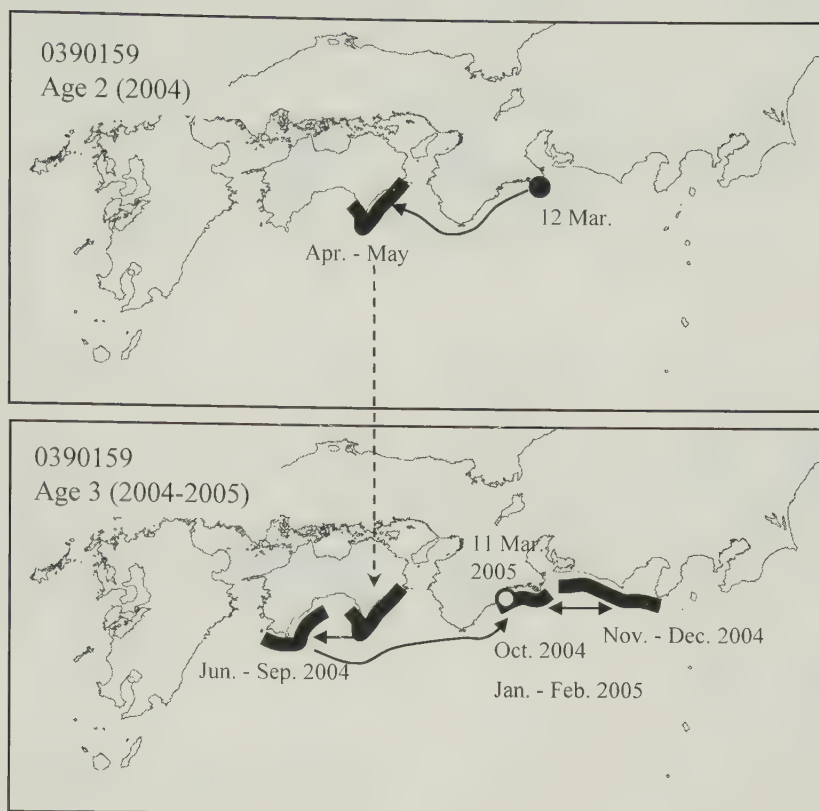


Fig. 2-8. 2歳時の2004年3月12日に志摩（片田）から放流され、2005年3月11日に熊野灘（早田）で再捕された0390159の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of 0390159 that was released from Shima (Katada) in 12 March 2004 (when age two years) and recaptured in Kumano-nada (Haida) in 11 March 2005: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

体が釣りによって放流から89日後までに再捕され、それらのすべてからデータを回収することができた (Table 2-8)。再捕場所は、現在のところ放流場所付近の佐田岬周辺のみであり (Fig. 2-33)、これらは再捕されるまで放流場所周辺に滞留した。一方、2歳で放流した3個体は未だ再捕されていない。

日向灘北部放流群 2007年2月20日の日向灘北部（浦城）放流群では、放流した2歳1個体および3歳以上9個体のうち、2歳1個体と3歳以上6個体が大型定置網と釣りによって放流から386日後までに再捕され、それらのすべてからデータを回収することができた (Table 2-9)。再捕場所は、放流場所付近（深島）、日向灘南部（南郷、串間）、瀬戸内海西部（クダコ）、日本海側の能登半島西岸（西海）であった (Fig. 2-34)。

3歳以上では6個体の回遊経路が明らかとなった。D1742-1はすぐに南下して放流から14日後の3月6

日に南郷で再捕された (Fig. 2-35)。D0588- および D08142-2は放流後すぐに南下して薩南に達し、3、4月をそこで過ごした。5月には日向灘を北上し、D0588-2は5月7日に放流場所近くの深島で再捕された。D0814-2はその後にも北上して5月は豊後水道に滞留し、4歳以上となった6-7月には瀬戸内海に入って、2007年8月6日に松山沖のクダコ水道で再捕された (Fig. 2-35)。D1739-1は放流後すぐに南下して薩南に達し、3月から4歳以上となった後の9月までをそこに滞留した。10月には日向灘を北上して豊後水道に入り、翌年の1月までそこに滞留した後再び日向灘を南下し、2008年1月25日に日向灘南部の串間に達したところを再捕された (Fig. 2-36)。D0879は、放流後も日向灘北部から豊後水道外域に至る海域に滞留し、5月後半に豊後水道を北上して瀬戸内海に達した。4歳以上となった後も翌年の2月半ばまで瀬戸内海に

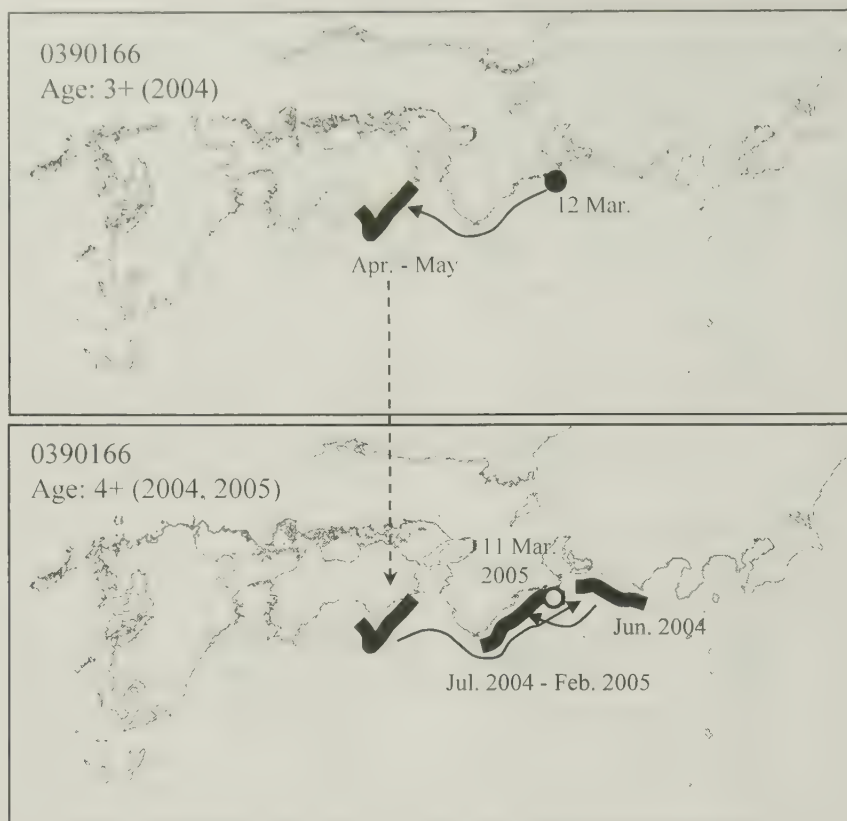


Fig. 2-9. 3歳以上時の2004年3月12日に志摩（片田）から放流され、2005年3月11日に志摩（片田）で再捕された0390166の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of 0390166 that was released from Shima (Katada) in 12 March 2004 (when age over three years) and recaptured in Shima (Katada) in 11 March 2005: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

滞留し、2月後半以降に豊後水道と日向灘を南下して、串間に達したところを2008年3月12日に再捕された（Fig. 2-37）。D0835-2は、放流後すぐに南下して薩南に達し、3、4月をそこで過ごした後5月には九州西岸を通過して日本海に入り、5月29日に能登半島西岸の西海で再捕された（Fig. 2-38）。

2歳で放流されたD0827-2は放流場所周辺に滞留し、放流から45日後の2007年4月6日に深島で再捕された（Fig. 2-39）。

日向灘南部放流群 2008年3月4日の日向灘南部（串間）放流群では、放流した10個体中2個体が大型定置網によって放流から354日後までに再捕され、そのうちの1個体からデータを回収することができた（Table 2-9）。再捕場所は、放流場所付近（串間）および朝鮮半島東岸（韓国慶尚北道蔚珍郡厚浦（フポ））であった（Fig. 2-34）。フポで再捕されたD1849-2では、アーカイバルタグを回収することができなかった。

放流された3歳以上10個体のうち、1個体の回遊経路が明らかとなった。D2952-2は放流後すぐに南下して4、5月を薩南で過ごし、5月には日向灘を北上して豊後水道外域に達した。4歳以上となった6月から翌年の2月までこの海域に滞留し、日向灘を南下したところを2008年2月21日に串間で再捕された（Fig. 2-40）。

考 察

放流魚の年齢と成熟 本研究では、後述の理由により年齢形質を用いた年齢査定を行わず、尾叉長から放流魚の年齢を推定し、ブリ銘柄について80 cm未満と以上を境にして、2歳と3歳以上に区別した。放流から約1年後に再捕された個体の尾叉長の変化によると、放流時70-80 cmであった個体の多くが80-85 cmに、放流時80-85 cmであった個体の多くが85-90 cm

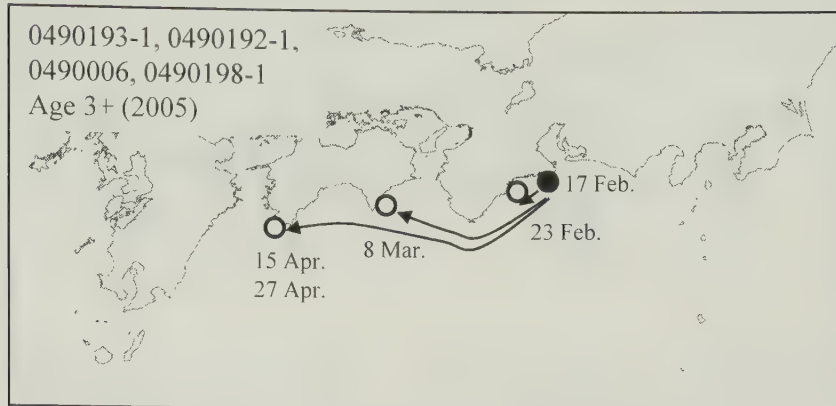


Fig. 2-10. 3歳以上時の2005年2月17日に志摩（片田）から放流され、2005年2月23日に熊野灘（九鬼）で再捕された0490193-1、2005年3月8日に四国南東部（椎名）で再捕された0490192-1、および2005年4月15日と27日に四国南西部（貝の川と古満目）で再捕された0490006と0490198-1の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migrations of 0490193-1, 0490192-1, 0490006 and 0490198-1 that were released from Shima (Katada) in 17 February 2005 (when age over three years) and recaptured in Kumano-nada (Kuki) in 23 February, southeastern Sikoku (Shiina) in 8 March, southwestern Shikoku (Kainokawa and Komame) in 15 and 27 April 2005: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

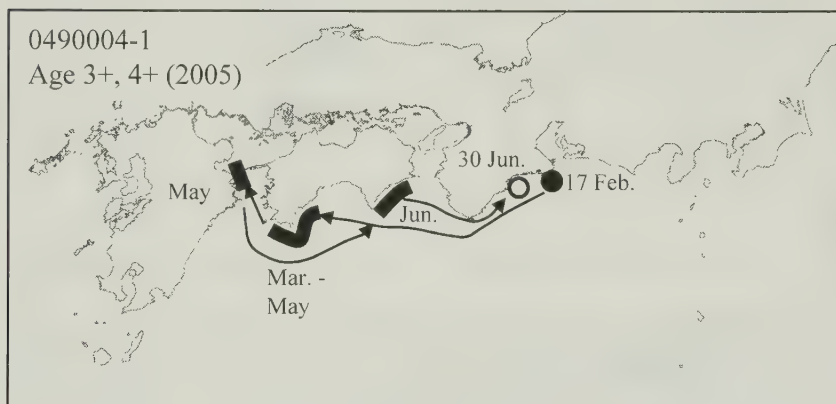


Fig. 2-11. 3歳以上時の2005年2月17日に志摩（片田）から放流され、2005年6月30日に熊野灘（松島）で再捕された0490004-1の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migration of 0490004-1 that was released from Shima (Katada) in 17 February 2005 (when age over three years) and recaptured in Kumano-nada (Matsushima) in 30 June 2005: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

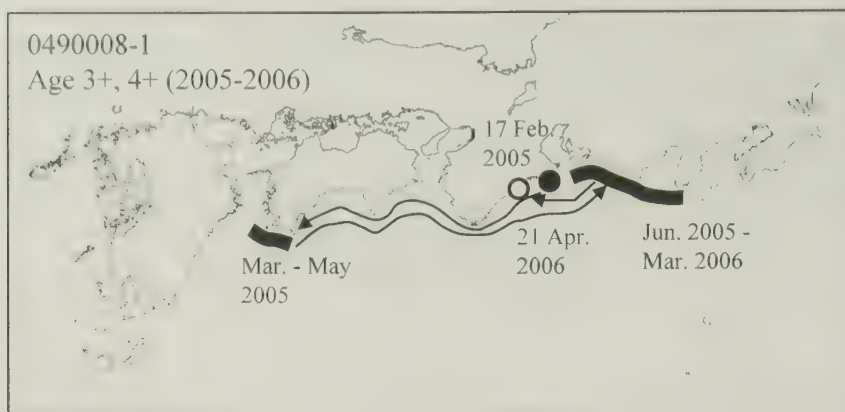


Fig. 2-12. 3 歳以上時の2005年2月17日に志摩（片田）から放流され、2006年4月21日に熊野灘（錦）で再捕された0490008-1の移動：●は放流位置，○は再捕位置 Migration of 0490008-1 that was released from Shima Peninsula (Katada) in 17 February 2005 (when age over three years) and recaptured in Kumano-nada (Nishiki) in 21 April 2006; closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.



Fig. 2-13. 1 歳時の2005年2月17日に志摩（片田）から放流され、2005年4月24日と5月9日に志摩（片田）で再捕された0490195-1と0490002-1、2005年5月14日に熊野灘（二木島）で再捕された0490202、および2005年11月27日に志摩（和具）で再捕された0490199の移動：●は放流位置，○は再捕位置 Migrations of 0490195-1, 0490002-1, 0490202, and 0490199 that were released from Shima (Katada) in 17 February 2005 (when age one year) and recaptured in Shima (Katada) in 24 April and 9 May 2005, Kumano-nada (Nigishima) in 14 May, and Shima (Wagu) in 27 November 2005; closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

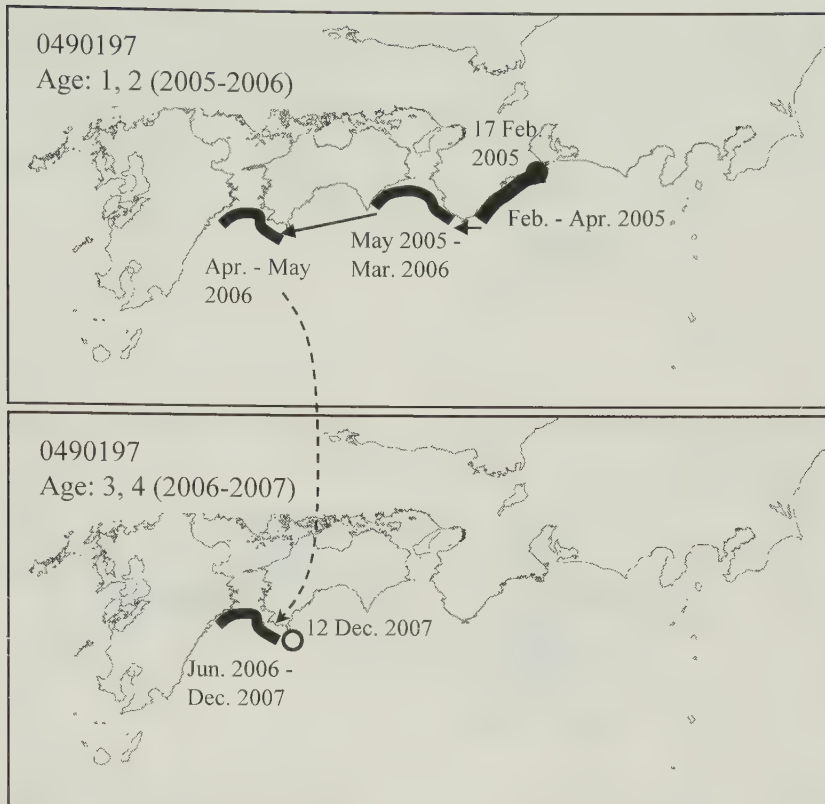


Fig. 2-14. 1歳時の2005年2月17日に志摩（片田）から放流され、2007年12月12日に足摺岬沖で再捕された0490197の移動：●は放流位置，○は再捕位置
Migration of 0490197 that was released from Shima (Katada) in 17 February 2005 (when age one year) and recaptured off Cape Ashizuri in 12 December 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.



Fig. 2-15. 3歳以上時の2005年3月24日に志摩（片田）から放流され、2006年3月7日に四国南東部（佐喜浜）で再捕された0490193-2の移動：●は放流位置，○は再捕位置
Migration of 0490193-2 that was released from Shima (Katada) in 24 March 2005 (when age over three years) and recaptured in southeastern Shikoku (Sakihama) in 7 March 2006: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

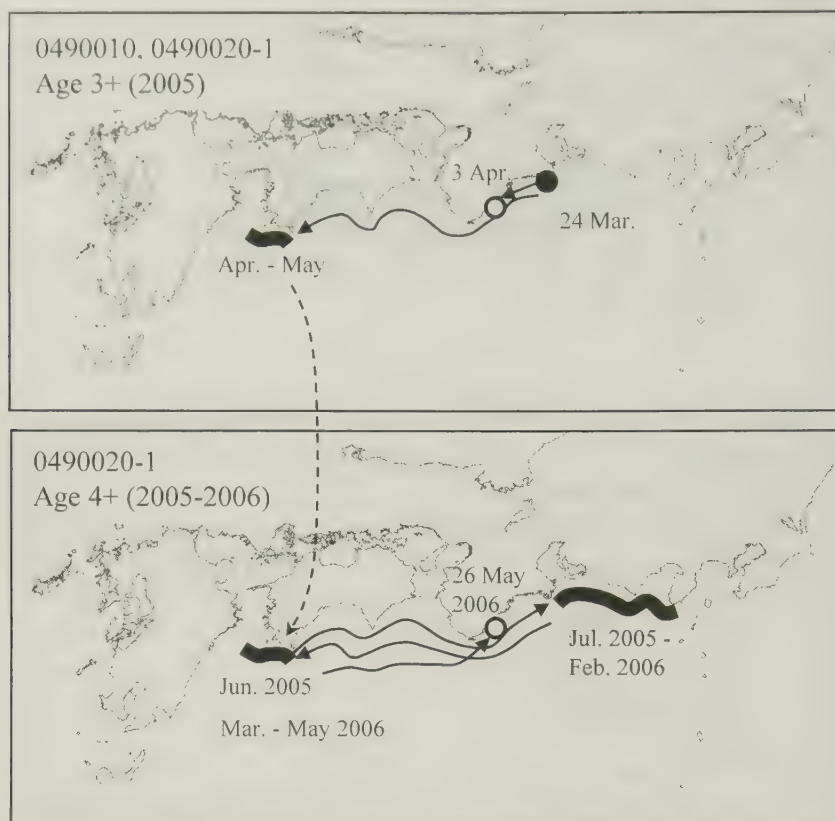


Fig. 2-16. 3歳以上時の2005年3月24日に志摩（片田）から放流され、2006年4月3日に熊野灘（太地）で再捕された0490010、および2006年5月26日に熊野灘（宇久井）で再捕された0490020-1の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migrations of 0490010 and 0490020-1 that were released from Shima (Katada) in 24 March 2005 (when age over three years) and recaptured in Kumano-nada (Taiji in 3 April 2005 and Ugui in 26 May 2006): closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

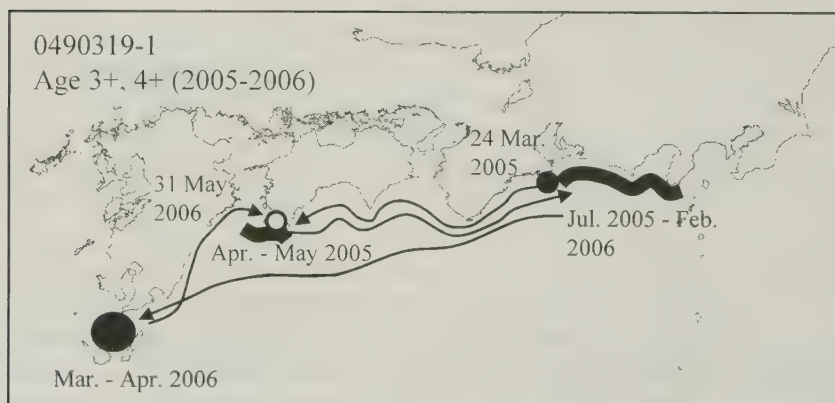


Fig. 2-17. 3歳以上時の2005年3月24日に志摩（片田）から放流され、2006年5月31日に四国南西部（古満目）で再捕された0490319-1の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of 0490319-1 that was released from Shima (Katada) in 24 March 2005 (when age over three years) and recaptured in southwestern Shikoku (Komame) in 31 May 2006: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

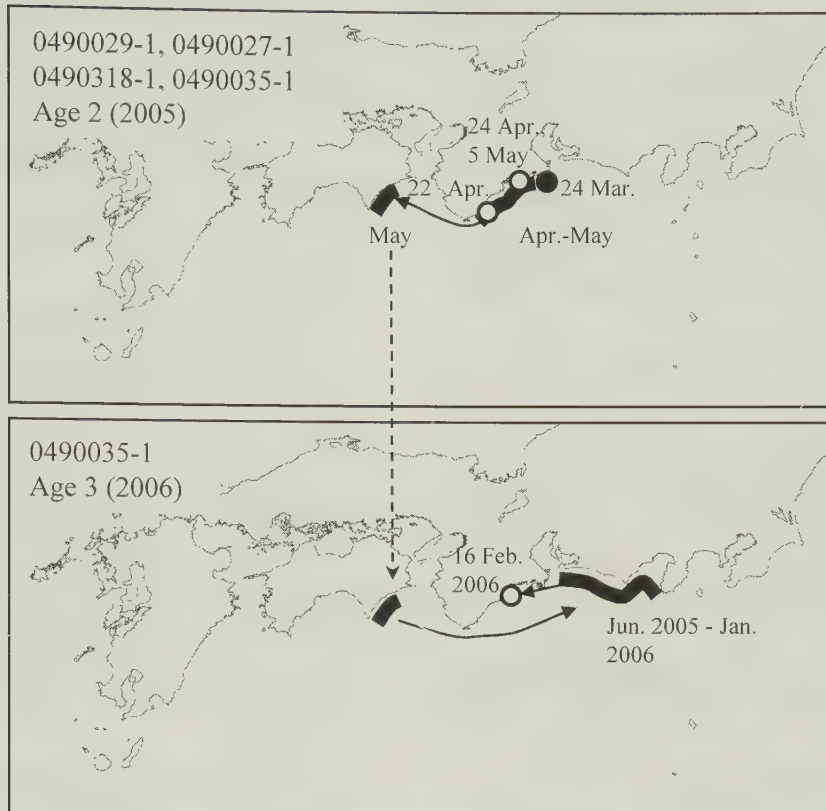


Fig. 2-18. 2歳時の2005年3月24日に志摩（片田）から放流され、2005年4月22日に熊野灘（宇久井）で再捕された0490029-1、2005年4月24日と5月5日に熊野灘（方座）で再捕された0490027-1と0490318-1、および2006年2月16日に熊野灘（梶賀）で再捕された0490035-1の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migrations of 0490029-1, 0490027-1, 0490318-1, and 0490035-1 that were released from Shima (Katada) in 24 March 2005 (when age two years) and recaptured in Kumano-nada (Ugui in 22 April, Hoza in 24 April and 5 May 2005, and Kajika in 16 February 2006): closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.



Fig. 2-19. 1歳時の2006年1月26日に志摩（和具）から放流され、2006年5月19日に熊野灘（島勝）で再捕された D0584と D0628-1、および2007年2月24日に土佐湾（興津）で再捕された D0627の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migrations of D0584, D0628-1 and D0627 that were released from Shima (Wagu) in 26 January 2006 (when age one year) and recaptured in Kumano-nada (Shimakatsu) in 19 May 2006 (two individuals), and Tosa Bay (Okitsu) in 24 February 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

に、放流時85-90 cmであった個体の多くが90cm台となっていた (Table 2-5-1, 2-5-2, 2-5-3, 2-6, 2-7, 2-9)。したがって、本研究で行った尾叉長80 cmでの放流時2歳と3歳以上の区別はほぼ妥当であり、70-80 cmが2歳, 80-85 cmが3歳, 85-90 cmが4歳, 90 cm以上が5歳以上であった可能性が指摘される。もちろん、これはアーカイバルタグ装着によって個体の成長が影響を受けた結果である可能性も否定できない。

ブリでは脊椎骨に形成される輪紋を用いて年齢査定が可能であり (三谷, 1960; Munekiyo, *et al.*, 1982), 日本海側ではこれを用いた年齢査定が行われている (村山, 1992; 井野, 2005)。本研究においても、放流・再捕された個体のうち魚体の回収に成功した個体の脊椎骨を採集している。しかし、太平洋側の個体では輪紋が不明瞭な個体が多いこと、輪紋形成期の検討が必要なことから、本報告では脊椎骨輪紋による年齢査定を行わなかった。太平洋側の個体の脊椎骨を用いた年齢査定について、今後詳しく検討を行う必要がある。

脊椎骨等の年齢形質を用いなかったことから、本研究では2歳以上の年齢についてやや正確さを欠く。

一方で、70 cmを越える個体はすべて成熟することから (Mitani, 1958; 三谷, 1960), 本研究で1-5月の放流時に2歳としたものはすべて成魚であると考えられる。一方、2歳以上のブリが回遊した四国沿岸と薩南はブリの産卵場であり、熊野灘でも産卵の可能性が指摘されている (木村, 1952)。したがって、ここで述べたブリ成魚の季節的東西・南北回遊は、産卵のための回遊であると考えられた。

三陸・外房・相模湾放流群における年齢別の回遊様式 本研究において推察された三陸から外房に至る海域におけるブリの年齢別の回遊様式は、成魚における情報が少ないものの次のように要約できる。0歳は秋以降に南下して鹿島灘から外房の海域で越冬する。1歳の夏以降には再び東北太平洋側の海域に広く分布するが、秋以降に再び南下して鹿島灘から外房の海域で越冬する。2歳の春には外房から相模湾に移動する例もあったことから、最終的な到達先は不明なものの、成魚の外房から西への回遊が推察された。また、伊豆半島東側において、0, 1歳は、大きな移動をしないと推察された。

志摩半島放流群における年齢別の回遊様式 志摩半島放流群の主要な年齢別の回遊様式は、次のように推

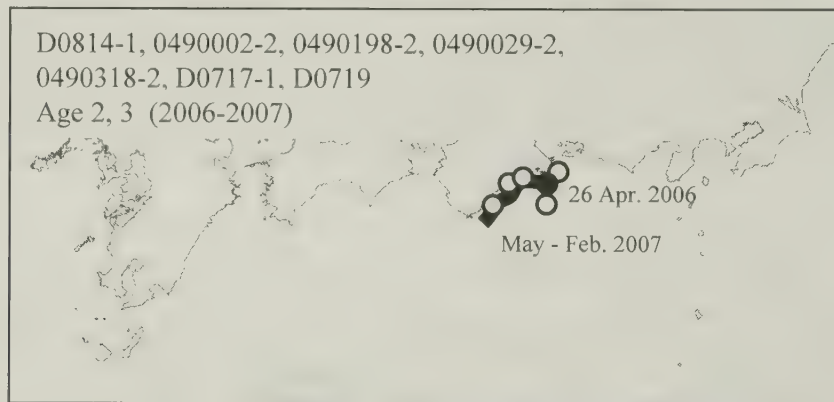


Fig. 2-20. 2歳時の2006年4月26日に志摩 (和具) から放流され、2006年10月14日に志摩 (波切) で再捕された D0814-1, 2007年1月5日に志摩 (片田) で再捕された0490002-2, 2007年1月21日に熊野灘 (早田) で再捕された0490198-2, 2007年2月15日に熊野灘 (九鬼) で再捕された0490029-2と0490318-2, および2007年2月16日に熊野灘 (宇久井) で再捕された D0717-1と熊野灘 (錦) で再捕された D0719の移動: ●は放流位置, ○は再捕位置
Migrations of D0814-1, 0490002-2, 0490198-2, 0490029-2, 0490318-2, D0717-1, and D0719 that were released from Shima (Wagu) in 26 April 2006 (when age two years) and recaptured in Shima (Nakiri in 17 October 2006 and Katada in 5 January 2007), Kumano-nada (Haida in 21 January 2007, Kuki in 15 February 2007 (two individuals), and Ugui and Nishiki in 16 February 2007); closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

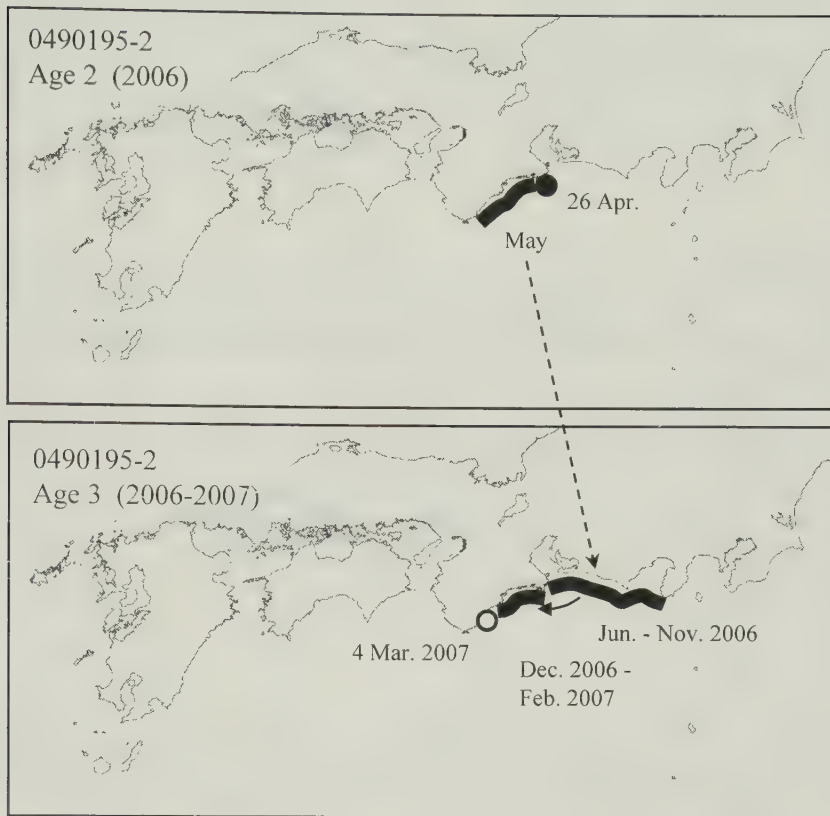


Fig. 2-21. 2歳時の2006年4月26日に志摩（和具）から放流され、2007年3月4日に熊野灘（宇久井）で再捕された0490195-2の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migration of 0490195-2 that was released from Shima (Wagu) in 26 April 2006 (when age two years) and recaptured in Kumano-nada (Ugui) in 4 March 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

察された。

0歳では、4月の放流後に大きな移動を行わず、6月に1歳となって以降も熊野灘に滞留する (Fig. 2-23)。1歳でも同様に、1月の放流後に大きな移動を行わず、6月に2歳となって以降も熊野灘に滞留する (Fig. 2-13, 2-19)。

2歳の大型個体 (75 cm 以上) は、2-3月に初めて西に移動して四国南東岸に達し、そこで産卵を行う。その後5-6月頃に東に移動して遠州灘から相模湾にかけての海域に移動し、3歳の冬までそこに滞留する (Fig. 2-8, 2-9, 2-18)。2歳で放流されて熊野灘を南下途上で再捕された例や (Fig. 2-7)、1歳で放流されて熊野灘に滞留した後2歳の2月頃に土佐湾に達した例も (Fig. 2-19)、これと同じ回遊様式の一部であると推定された。また、西から東に戻る時期が遅い (9、

10月) 例もあった (Fig. 2-8, 2-22)。一方、2歳の小型個体 (75 cm 未満) は翌年の冬まで熊野灘に滞留する (Fig. 2-20)。

3歳以上の春に放流されたものでは、放流後すぐに西に向かい、4-5月に四国南西岸で産卵を行った後東に戻り、4歳になった6月以降に遠州灘から伊豆半島または相模湾に至る海域に滞留する (Fig. 2-16, 2-17)。一部については、四国南東岸で引き返すものもあると考えられた (Fig. 2-9)。放流後すぐに西に移動して、熊野灘、四国南東岸、四国南西岸に達したところを再捕された例 (Fig. 2-10)、四国南西岸から豊後水道奥部に達した後に熊野灘に戻ったところを再捕された例 (Fig. 2-11)、2歳で放流されて3歳の夏から冬を遠州灘で過ごし、冬から春に西に移動して熊野灘で再捕された例 (Fig. 2-9, 2-12)、2歳の5月に放流

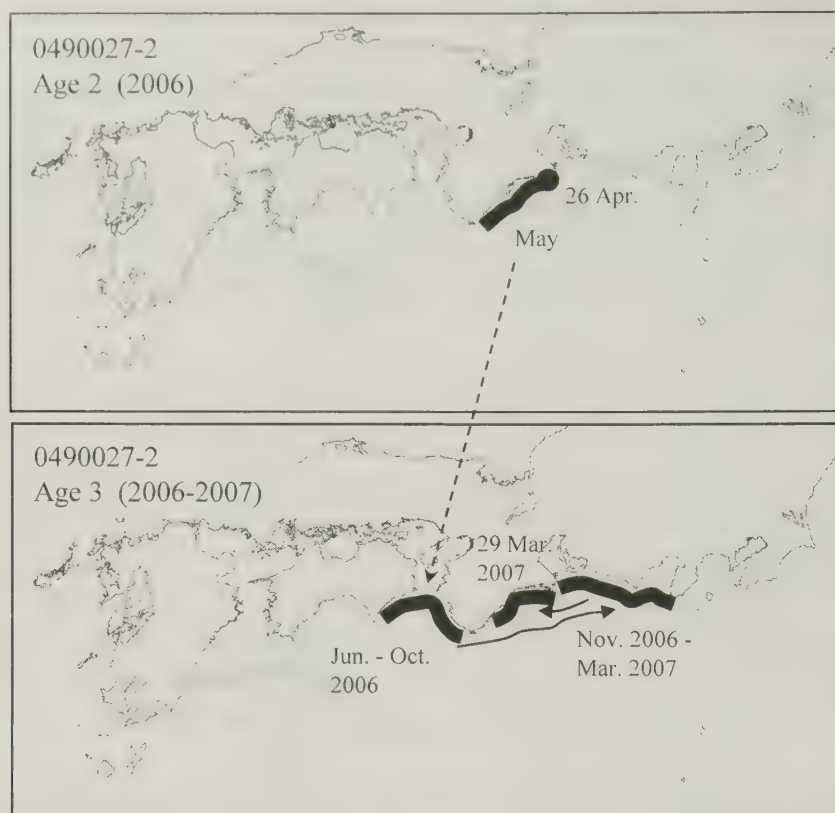


Fig. 2-22. 2歳時の2006年4月26日に志摩（和具）から放流され、2007年3月29日に熊野灘（三重県沿岸）で再捕された0490027-2の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migration of 0490027-2 that was released from Shima (Wagu) in 26 April 2006 (when age two years) and recaptured in Kumano-nada (Mie prefecture) in 29 March 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

された小型群のうち、3歳になった頃に熊野灘から移動し、秋から冬に遠州灘に滞留した後に熊野灘に戻ったところを再捕された例 (Fig. 2-21, 2-22), これらも同じ回遊様式の一部であると推定された。

4歳以上の春では、遠州灘から南西に移動して3～5月に四国南西岸や薩南に達して産卵した後、また東に戻る (Fig. 2-16, 2-17)。これらの個体はその前年にも東西の回遊を行っていた。3歳以上で放流された時には東に移動して遠州灘から相模湾で4歳以上を過ごし、冬に西に移動して3月に四国南西岸に達した例も (Fig. 2-15), この回遊様式の一部であると推察された。ただし、この例ではその前年には西への移動を行わなかった。

室戸岬および足摺岬放流群における年齢別の回遊様式 室戸岬放流群による成魚の主要な回遊様式は、次のように要約できる (Fig. 2-25, 2-26)。3歳以上

は、春に西に移動して四国南西岸に達し、5月頃に東に移動して遠州灘から外房の海域に達し、4歳以上の冬までこの海域に滞留する。4歳以上の春には再び西に移動を開始する。これは前述の志摩半島放流群の主要回遊様式と同じであると考えられる。この回遊様式に従わない例もあり、移動先の四国南西岸における長期の滞留のあとに紀伊半島西岸に移動する例や (Fig. 2-27), 紀伊水道外域と四国南西岸および薩南との間の季節的東西回遊の存在も推察された (Fig. 2-28)。

足摺岬放流群による成魚の主要な回遊様式は、放流場所を含む四国南西岸での滞留であるが (Fig. 2-30), 豊後水道と薩南の間の季節的南北回遊も確認された (Fig. 2-32)。また、四国南西岸に滞留した後に2月に四国南東岸に移動した例もあり (Fig. 2-31), これは室戸岬放流群でも例外として見られた回遊様式と一致

するかもしれない。

佐田岬、日向灘北部および日向灘南部放流群における年齢別の回遊様式 佐田岬放流群における1歳は、秋から冬にかけて大きな移動を行わないと推察された。

日向灘北部および日向灘南部放流群から推定される

3歳以上の主要な回遊様式は、春に薩南まで南下し、それ以外の時期には豊後水道および瀬戸内に滞留するという季節的南北回遊である (Fig. 2-35, 2-40)。この回遊様式は、足摺岬放流群でも1個体に見られたものである (Fig. 2-32)。ただし、3歳以上の春には南下しない場合や (Fig. 2-37, 2-39)、秋まで薩南に滞

Table 2-6. プリ室戸岬放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別 3+は3歳以上を、ND、F、Mは、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す。

Information of recaptured fish in the released group from Cape Muroto in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D1746-1		76.5	2	17 Apr. 2007	35	Iburi	set net	76.2	7.5	720	M
D1743		83.3	3+	21 Dec. 2007	283	Ohara	purse seine	89.3	10.6	71	F
D1843-1	13 Mar. 2007	83.0	3+	8 Feb. 2008	332	Ugui	set net	85.8	11.1	89	M
D1841-2		82.5	3+	30 Mar. 2008	383	Isa	set net	86.1	11.0	634	F
D1844		76.0	2	24 Feb. 2009	714	Tomo-ura	set net	ND	11.0	ND	F



Fig. 2-23. 0歳時の2006年4月26日に志摩（和具）から放流され、2006年9月14日に熊野灘（贅浦）で再捕されたD0711、2006年10月21日に志摩（浜島）で再捕されたD0712、2006年11月17日に志摩（片田）で再捕されたD0835-1の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migrations of D0711, D0712, and D0835-1 that were released from Shima (Wagu) in 26 April 2006 (when age zero year) and recaptured in Kumano-nada (Nie-ura) in 14 September, Shima (Hamajima in 21 October, and Katada in 17 November 2006): closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

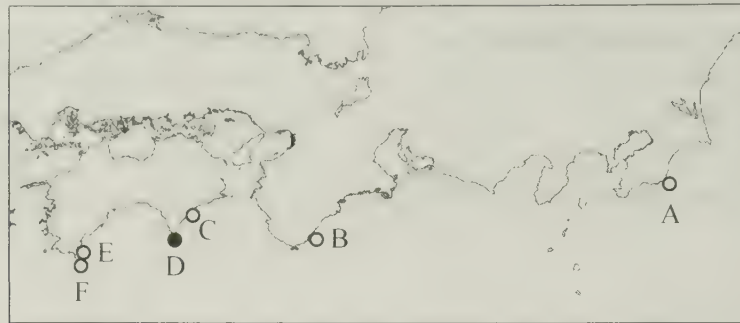


Fig. 2-24. プリ標識放流調査における室戸岬放流群の放流位置(●)と再捕位置(○) : A 大原; B 宇久井; C 鞆浦; D 室戸岬; E 以布利; F 伊佐

Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from Cape Muroto (closed circle) in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Ohara; B, Ugui; C, Tomo-ura; D, Cape Muroto; E, Iburi; F, Isa.



Fig. 2-25. 3歳以上時の2007年3月13日に室戸岬から放流され、2007年12月21日に外房(大原)で再捕された D1743の移動: ●は放流位置, ○は再捕位置

Migration of D1743 that was released from Cape Muroto in 13 March 2007 (when age over three years) and recaptured in Sotobo (Ohara) in 21 December 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

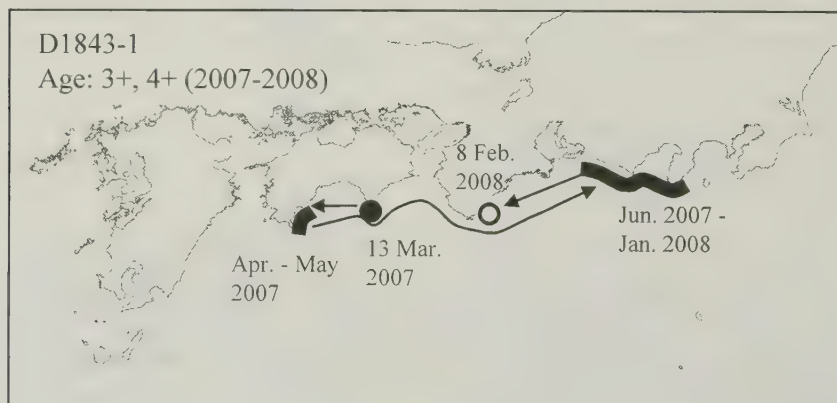


Fig. 2-26. 3歳以上時の2007年3月13日に室戸岬から放流され、2008年2月8日に熊野灘(宇久井)で再捕された D1843-1の移動: ●は放流位置, ○は再捕位置

Migration of D1843-1 that was released from Cape Muroto in 13 March 2007 (when age over three years) and recaptured in Kumano-nada (Ugui) in 8 February 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

留する場合もある (Fig. 2-36)。この回遊様式以外に、薩南から日向灘に戻らず、九州西岸を通過して日本海に入る場合もある (Fig. 2-38)。

我が国太平洋沿岸におけるブリの回遊群構造 アーカイバルタグを用いた本研究により、我が国太平洋側に生息する成魚の回遊群は、(1)遠州灘 - 四国南西岸回遊群、(2)紀伊水道 - 薩南回遊群、(3)豊後水道 - 薩南回遊群に大きく分けられた。また、東北海域と外房との間の未成魚の季節的南北回遊も確認された。さらに、これまで経験的に知られていた根付き群の存在が、足摺岬周辺において確認された。

遠州灘 - 四国南西岸回遊群は志摩半島放流群と室戸岬放流群に見られたもので、その回遊様式は次のように要約できる (Fig. 2-41)。外房から熊野灘に生息する0、1歳は大きな移動行わない。2歳の大型個体 (75 cm 以上) は、2-3月に初めて西に移動して四国南東岸に達して産卵する。その後5-6月頃に東に移動して遠州灘から相模湾にかけての海域に戻り、3歳の冬までそこに滞留する。一方、4月頃に現れる2歳の小型個体 (75 cm 未満) は、熊野灘で産卵を行った後も翌年の冬まで熊野灘に滞留する。3歳の2-3月に再び産卵回遊を行い、多くは四国南西岸に達して産卵を行う。その後5-6月頃に東に戻って遠州灘から外房にかけての海域に達し、4歳の冬までそこに滞留する。4歳の2-3月には四国南西岸または薩南に達

し、そこで産卵を行った後、また元の海域に戻る。このように、高齢または大型の個体ほど産卵回遊範囲は広くなる傾向がある。

遠州灘 - 四国南西岸回遊群の回遊範囲の東端である外房は、東北に分布する未成魚の越冬場でもある。本研究では、東北海域の未成魚が相模湾以西に移動した例は観察されなかったが、外房で放流した2歳が伊豆半島東岸に移動した例が確認された。したがって、東北海域と外房の間において季節的南北回遊を行った未成魚は、成魚となって相模湾以西に産卵回遊を行う可能性が指摘される。

遠州灘 - 四国南西岸回遊群のうち4月に熊野灘に現れた2歳の小型群の尾叉長範囲は、70-75 cm と2-3月に現れた2歳の大型群より一回り小さく、1歳 (ワラサ銘柄) と大きな差はなかった (Table 2-5-1, 2-5-2, 2-5-3)。ブリ未成魚の成長速度は水温の影響を受け (村山, 1992)、千葉以北と神奈川以西ではかなりの差が認められることを考慮すると (河合, 1967)、4月に熊野灘に現れた2歳の小型群は、東北海域の未成魚が2歳時に外房で越冬した後に、成魚となって熊野灘に來遊したものである可能性が指摘される。実際、2009年4月に外房および相模湾で放流した群は、ブリ銘柄としては小型のものが多かった (Table 2-1)。熊野灘から放流したこれら小型のブリ銘柄は、夏以降も遠州灘から熊野灘に滞留しており、

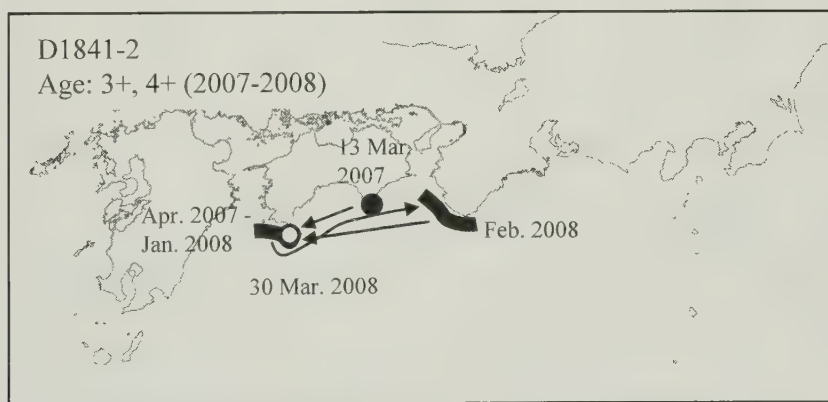


Fig. 2-27. 3歳以上時の2007年3月13日に室戸岬から放流され、2008年3月30日に足摺岬 (伊佐) で再捕された D1841-2の移動: ●は放流位置, ○は再捕位置

Migration of D1841-2 that was released from Cape Muroto in 13 March 2007 (when age over three years) and recaptured in Cape Ashizuri (Isa) in 30 March 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

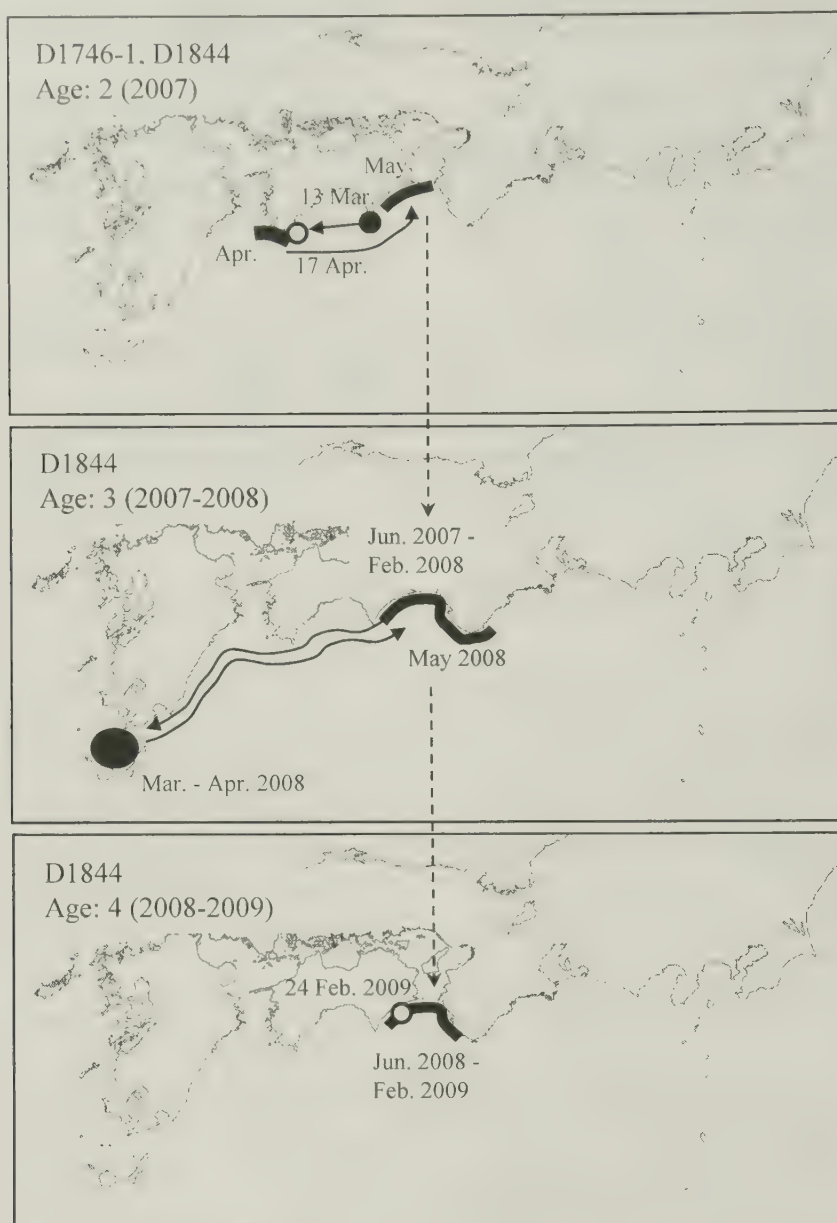


Fig. 2-28. 2歳時の2007年3月13日に室戸岬から放流され、2007年4月17日に足摺岬（以布利）で再捕された D1746-1, および2009年2月24日に四国南東部の鞆浦で再捕された D1844の移動：●は放流位置, ○は再捕位置
 Migrations of D1746-1 and D1844 that were released from Cape Muroto in 13 March 2007 (when age two years) and recaptured in Cape Ashizuri (Iburi) in 17 April 2007 and southeastern Shikoku (Tomo-ura) in 24 February 2009: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

Table 2-7. 足摺岬放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別
3+は3歳以上を、ND、F、Mは、再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと、雌、雄を、それぞれ示す。

Information of recaptured fish in the released group from Cape Ashizuri in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D1854-1		80.5	3+	24 Jul. 2007	70	Kubotsu	set net	85.2	6.9	10	M
D1850		72.0	2	2 Dec. 2007	201	off Cape Ashizuri	angling	ND	ND	ND	F
D1849-1		74.6	2	10 Jan. 2008	240	off Cape Ashizuri	angling	81.0	7.9	51	F
D1853	15 May 2007	70.0	2	27 Feb. 2008	288	Mitsu	set net	79.1	8.1	115	F
D1855		71.7	2	4 Mar. 2008	294	off Cape Ashizuri	angling	80.2	9.0	213	F
D1848-3		70.5	2	23 Mar. 2008	313	Kubotsu	set net	78.8	7.3	134	F
D1742-2		84.3	3+	1 Dec. 2008	566	south of Bungo Channel	purse seine	ND	9.0	ND	F



Fig. 2-29. プリ標識放流調査における足摺岬放流群の放流位置 (●) と再捕位置 (○) : A 三津; B 窪津; C 足摺岬 (伊佐); D 豊後水道南部
Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from Cape Ashizuri in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Mitsu; B, Kubotsu; C, Cape Ashizuri (Isa); D, south of Bungo Channel.

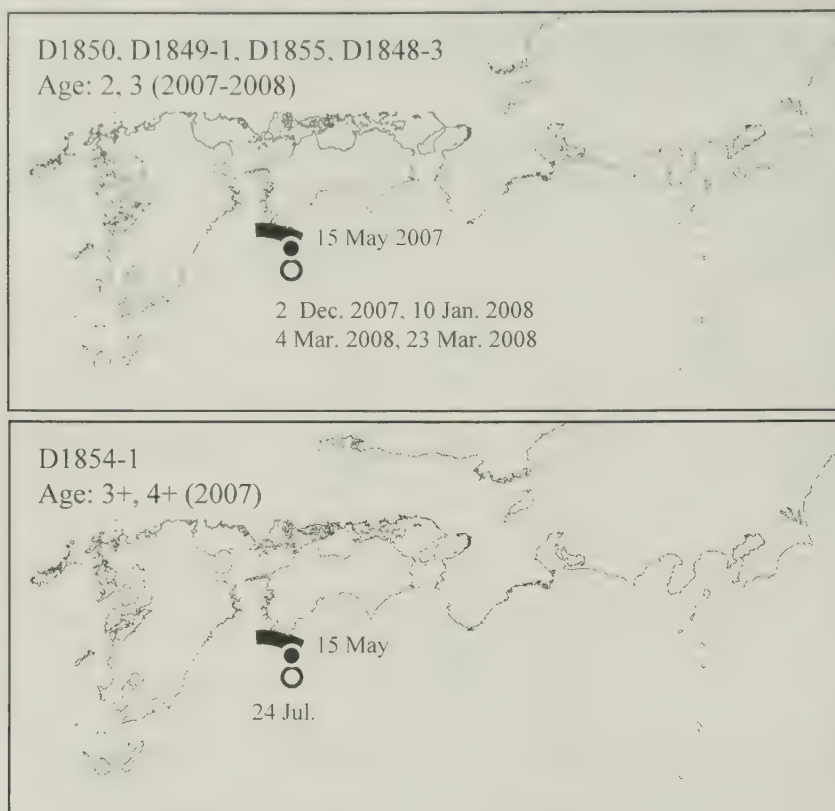


Fig. 2-30. 2歳時の2007年5月15日に足摺岬から放流され、2007年12月2日に足摺岬沖で再捕された D1850, 2008年1月10日に足摺岬沖で再捕された D1849-1, 2008年3月4日に足摺岬沖で再捕された D1855, 2008年3月23日に足摺岬(窪津)で再捕された D1848-3 (以上は上図), および3歳以上時の2007年5月15日に足摺岬から放流され、2007年7月24日に足摺岬(窪津)で再捕された D1854-1の移動(下図): ●は放流位置, ○は再捕位置

Migrations of D1850, D1849-1, D1855, and D1848-3 (upper) that were released from Cape Ashizuri in 15 May 2007 (when age two years) and recaptured in Cape Ashizuri in 2 December 2007, 10 January 2008, 4 March 2008, and 23 March 2008, and migration of D1854-1 (lower) that was released from Cape Ashizuri in 15 May 2007 (when age over three years) and recaptured in Cape Ashizuri (Kubotsu) in 24 July 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.



Fig. 2-31. 2歳時の2007年5月15日に足摺岬から放流され、2008年2月27日に四国南東部(三津)で再捕された D1853の移動: ●は放流位置, ○は再捕位置

Migration of D1853 that was released from Cape Ashizuri in 15 May 2007 (when age two years) and recaptured in southeastern Shikoku (Mitsu) in 27 February 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

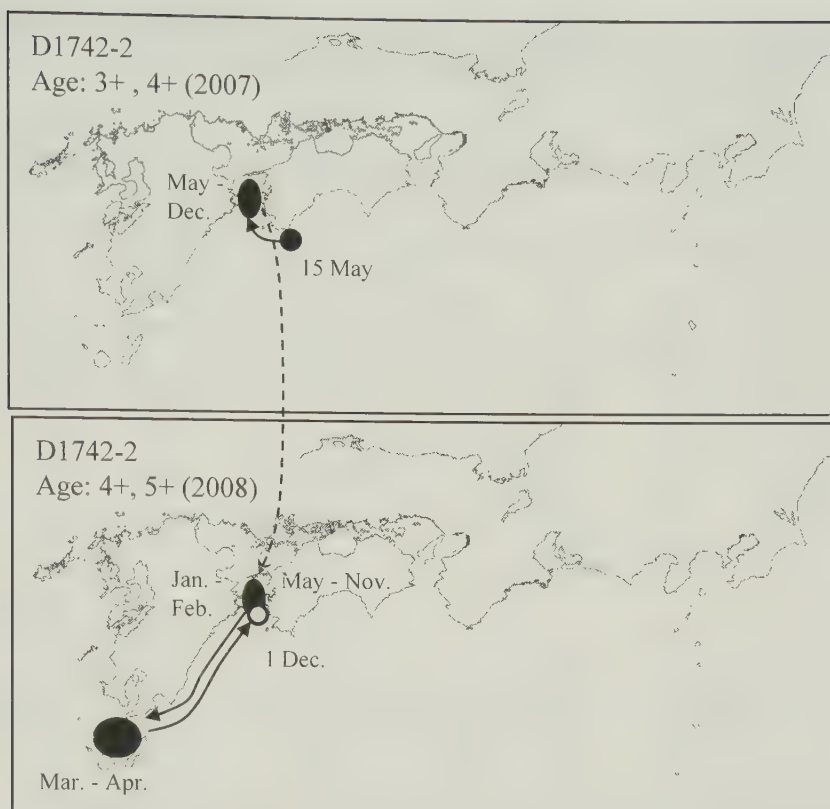


Fig. 2-32. 3歳以上時の2007年5月15日に足摺岬から放流され、2008年12月1日に豊後水道南部で再捕された D1742-2の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of D1742-2 that was released from Cape Ashizuri in 15 May 2007 (when age over three years) and recaptured in south of Bungo Channel in 1 December 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

外房以北に達したものは観察されなかった。これらが東北から外房を経て熊野灘に来遊したものであったとしても、産卵後に再び外房以北に戻ることは少ないと考えられた。

田中（1973）は、戦前および1963年から1965年の標識放流結果を比較し、ブリ成魚は戦前には熊野灘と東北海域の間を回遊していたのに対し、1960年代では相模湾から東北海域の間の回遊に変化したと考えた。一方、本研究では、外房を越えて東北海域にまで北上したブリ成魚は見いだされず、相模湾以西から東北海域へのブリ成魚の回遊は認められなかった。このように、東北海域のブリ成魚の回遊範囲は年代とともに縮小しており、戦前では熊野灘との間を産卵回遊していたものが、1960年代では相模湾との間の産卵回遊に変化し、現在では成魚は遠州灘 - 四国南西岸回遊群に吸収されてしまい、夏に再び東北海域に戻ることは少ないと推定された（Fig. 2-41）。

紀伊水道 - 薩南回遊群は室戸岬放流群で見られたも

ので、紀伊水道に生息する成魚が、2、3月に移動を開始して四国南西岸や薩南に達し、5、6月頃に紀伊水道に戻って次の冬までそこに滞留するものである（Fig. 2-42）。ここでいう紀伊水道には、紀伊半島西岸から四国南東岸および瀬戸内海東部も含まれる。本研究ではこの回遊群に属するものは1個体が確認されたのみであったが、紀伊半島西岸から四国南東岸に生息するブリ成魚の回遊様式として、当然有り得るものであろう。

豊後水道 - 薩南回遊群は日向灘北部・南部放流群および足摺岬放流群に見られたもので、豊後水道に生息する成魚が、2、3月に移動を開始して薩南に達し、5、6月頃に豊後水道に戻って次の冬までそこに滞留するものである（Fig. 2-43）。ここでいう豊後水道には、瀬戸内海西部も含まれる。

足摺岬周辺根付き群は足摺岬放流群に見られたもので、周年に渡って足摺岬周辺に滞留するものである。根付き群の存在は以前から知られていたが（栗田、

Table 2-8. フリ佐田岬放流群における再捕魚の放流時の日付、尾叉長、推定年齢、および再捕時の日付、放流から再捕までの日数、再捕場所、再捕の漁業種類、尾叉長、体重、生殖腺重量、性別
F, M は、雌、雄を、それぞれ示す。

Information of recaptured fish in the released group from Cape Sada in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, and GW, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, female and male, respectively.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D4588-1	12 Nov. 2008	56.2	1	3 Dec. 2008	21	off Cape Sada	angling	56.4	2.2	1	M
0490035-2		58.0	1	25 Dec. 2008	43	off Cape Sada	angling	56.5	2.5	12	F
0490002-3		58.4	1	9 Feb. 2009	89	off Cape Sada	angling	56.8	2.5	1	M



Fig. 2-33. フリ標識放流調査における佐田岬放流群の放流位置 (●) と再捕位置 (○) : A 佐田岬

Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from Cape Sada (closed circles) in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Cape Sada.

Table 2-9. 日向灘北部および南部ブリ放流群における再捕魚の放流時の日付, 尾叉長, 推定年齢, および再捕時の日付, 放流から再捕までの日数, 再捕場所, 再捕の漁業種類, 尾叉長, 体重, 生殖腺重量, 性別
3+は3歳以上を, ND, F, Mは, 再捕された魚体を入手することができなかったためにデータがないこと, 雌, 雄を, それぞれ示す。*ではタグを回収することができなかった。

Information of recaptured fish in the released group from north and south of Hyuga-nada in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) with archival tags. FL, BW, GW, ND, F and M denote fork length, body weight, gonad weight, no data, female and male, respectively. * An archival data was not taken for the lost of the tag.

No.	At release			At recapture							
	Date	FL (cm)	Age (year)	Date	Duration (day)	Location	Fishing gear	FL (cm)	BW (kg)	GW (g)	Sex
D1742-1		89.0	3+	6 Mar. 2007	14	Nango	set net	89.0	11.1	319	M
D0827-2		78.0	2	6 Apr. 2007	45	Fukushima	set net	ND	8.0	ND	M
D0588-2		87.0	3+	7 May 2007	76	Fukushima	set net	85.0	8.3	ND	ND
D0835-2	20 Feb. 2007	89.0	3+	29 May 2007	98	Saikai	set net	89.0	10.1	96	F
D0814-2		86.0	3+	6 Aug. 2007	167	Kudako	angling	ND	ND	ND	ND
D1739-1		84.0	3+	25 Jan. 2008	339	Kushima	set net	87.5	12.5	462	M
D0879		84.0	3+	12 Mar. 2008	386	Kushima	set net	87.1	10.8	743	M
*D1849-2	4 Mar. 2008	86.5	3+	9 May 2008	66	Hupo (Korea)	set net	ND	ND	ND	M
D2952-2		85.0	3+	21 Feb. 2009	354	Kushima	set net	90.0	12.0	485	M

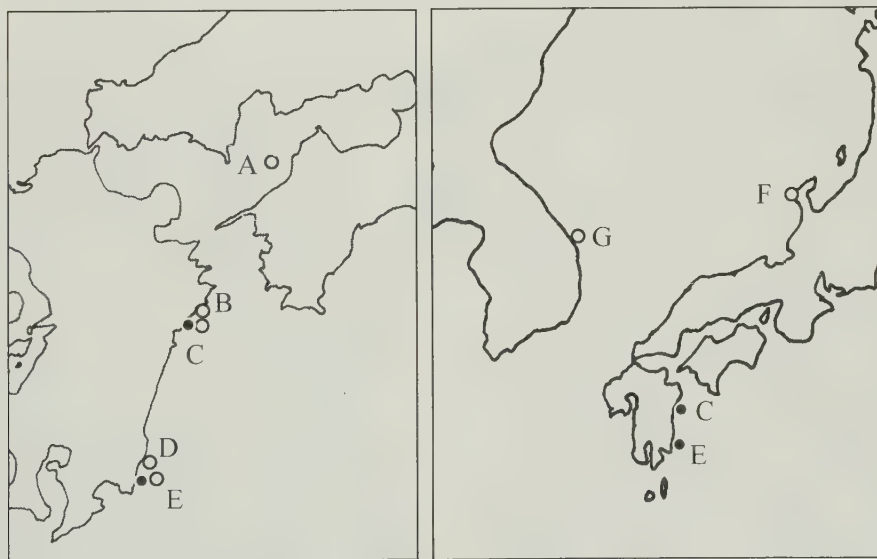


Fig. 2-34. ブリ標識放流調査における日向灘北部および南部放流群の放流位置 (●) と再捕位置 (○) : A クダコ; B 深島; C 浦城; D 南郷, E 串間; F 西海; G フポ
Locations where the tagged fish were recaptured (open circle) in the groups released from north and south of Hyuga-nada (Urashiro and Kushima, closed circles) in the tagging research of yellowtails (*Seriola quinqueradiata*): A, Kudako; B, Fukushima C, Urashiro; D, Nango; E, Kushima; F, Saikai; G, Hupo.

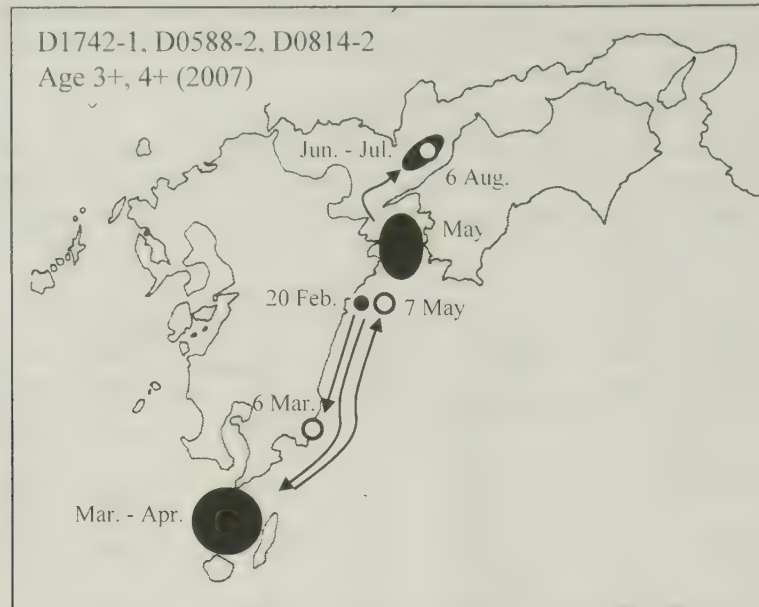


Fig. 2-35. 3歳以上時の2007年2月20日に日向灘北部から放流され、2007年3月6日に日向灘南部（南郷）で再捕されたD1742-1、2007年3月7日に日向灘北部（深島）で再捕されたD0588-2、および2007年8月6日に瀬戸内海（クダコ）で再捕されたD0814-2の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migrations of D1742-1, D0588-2, and D0814-2 that were released from north of Hyuga-nada in 20 February 2007 (when age over three years) and recaptured in south of Hyuga-nada (Nango) in 6 March, North of Hyuga-nada (Fukushima) in 7 May, and Inland Sea (Kudako) in 6 August 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

1961；三谷，1960），それは漁業者の経験や一般標識放流の結果によるものであり、同じ個体が本当に長期間にわたって同じ場所に滞留しているかどうか明確ではなかった。アーカイバルタグを用いた本研究では、足摺岬周辺において約1年にわたって大きく移動しない成魚が存在することが明らかとなった。足摺岬から沖の島に至る海域ではブリ飼付け漁業が行われており、この漁業は主にこの群を対象としていると思われる。ブリ飼付け漁業は鹿児島県にもあることから、薩南などの海域にも根付き群が存在する可能性が指摘される。一方で、回遊群から根付き群に変化した個体も確認されたことから、根付き群と回遊群の関係は固定されたものではなく、変化しうるものであると考えられた。

我が国太平洋側におけるブリ未成魚の回遊について、東北海域と外房の間において季節的な南北移動を行い、相模湾以南では大きな移動を行わないことは、既に報告されている（Okata, 1976田中，1972a）。一方、ブリ成魚が回遊することは古くから知られていた

ものの、その詳細については未解明であった。本研究では、太平洋沿岸におけるブリ成魚には根付き群と3つの異なる回遊群および例外的な回遊群があり、それらが室戸岬、足摺岬、薩南で交流し、時に回遊群または根付き群の乗り換えが起これと考えられた。これが三谷（1960）のいうブリ成魚の南北回遊の複雑な機構であろう。

回遊群の乗り換えがなぜ起こるのかについて、現状では未解明である。また、同じ回遊群内であっても、各産卵場での滞留期間は個体によって異なる場合も観察されたが、その理由は明らかではない。その一方で、志摩半島から四国南西岸に達し、豊後水道を経て速吸瀬戸にまで到達しながら、すぐに熊野灘に戻った例もあった。異なる回遊群への乗り換えや、産卵回遊開始前にいた海域への回帰を促す環境や個体の条件について、詳しい検討が必要である。そのために、本研究で得られている個体ごとの水温と水深のデータを活用することが有効であろう。

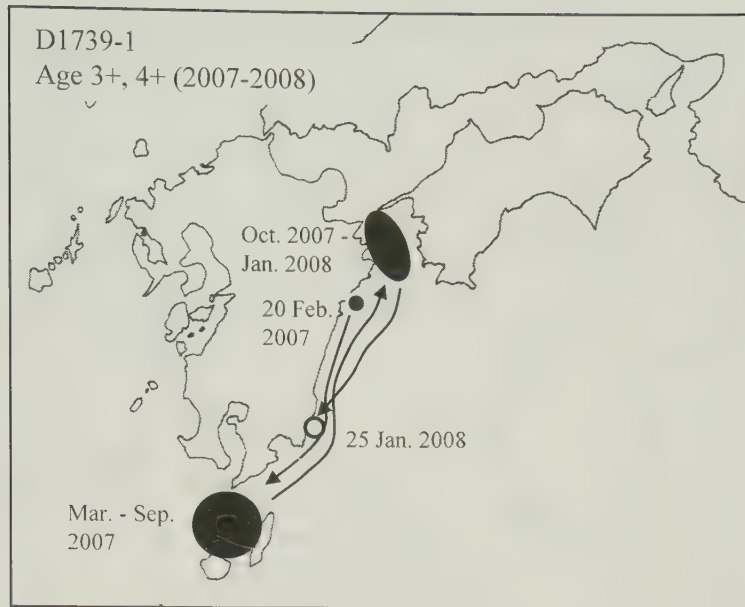


Fig. 2-36. 3 歳以上時の2007年2月20日に日向灘北部から放流され、2008年1月25日に日向灘南部（串間）で再捕された D1739-1 の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of D1739-1 that was released from north of Hyuga-nada in 20 February 2007 (when age over three years) and recaptured in south of Hyuga-nada (Kushima) in 25 January 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

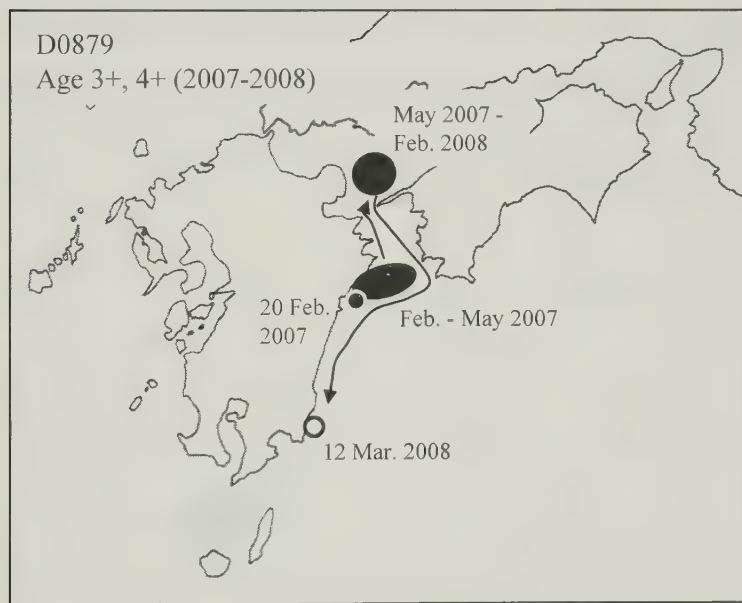


Fig. 2-37. 3 歳以上時の2007年2月20日に日向灘北部から放流され、2008年3月12日に日向灘南部（串間）で再捕された D0879 の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migrations of D0879 that were released from north of Hyuga-nada in 20 February 2007 (when age over three years) and recaptured in south of Hyuga-nada (Kushima) in 12 March 2008: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

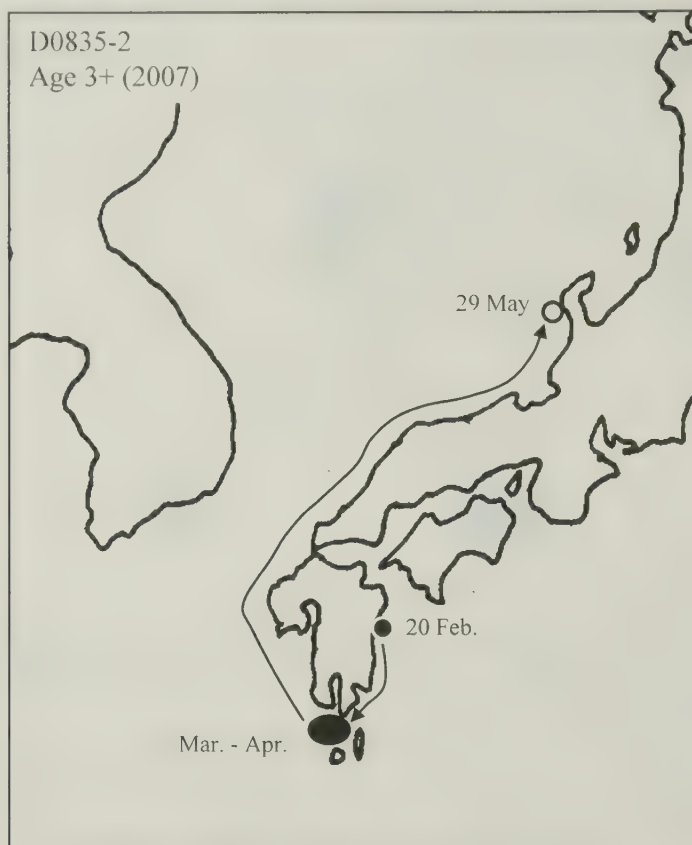


Fig. 2-38. 3 歳以上時の2007年2月20日に日向灘北部から放流され、2007年5月29日に能登半島（西海）で再捕された D0835-2 の移動：●は放流位置、○は再捕位置

Migration of D0835-2 that was released from north of Hyuga-nada in 20 February 2007 (when age over three years) and recaptured in west of Noto (Saikai) in 29 May 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.



Fig. 2-39. 2歳時の2007年2月20日に日向灘北部から放流され、2007年4月6日に日向灘北部（深島）で再捕された D0827-2の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migrations of D0827-2 that were released from north of Hyuga-nada in 20 February 2007 (when age two years) and recaptured in North of Hyuga-nada (Fukushima) in 6 April 2007: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

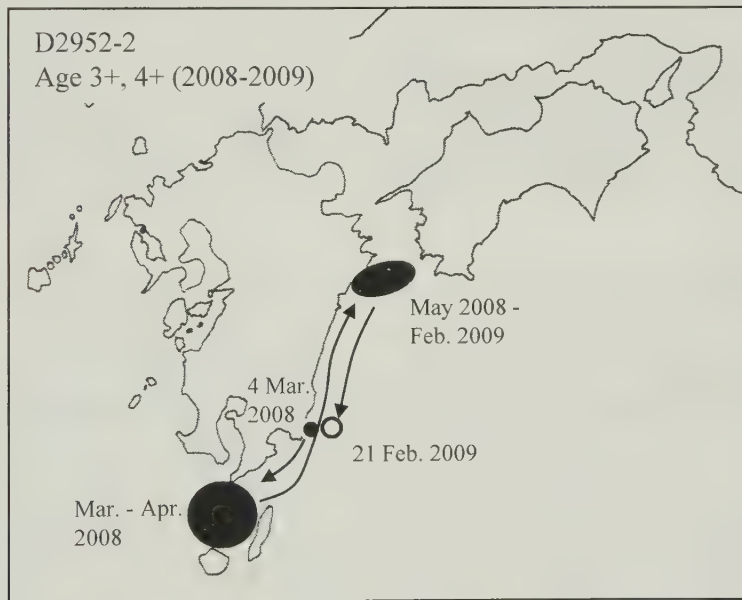


Fig. 2-40. 3歳以上時の2008年3月4日に日向灘南部から放流され、2009年2月21日に日向灘南部（串間）で再捕された D2952-2の移動：●は放流位置，○は再捕位置

Migration of D2952-2 that was released from south of Hyuga-nada in 4 March 2008 (when age over three years) and recaptured in south of Hyuga-nada (Kushima) in 21 February 2009: closed and open circles denote the locations of the release and the recapture, respectively.

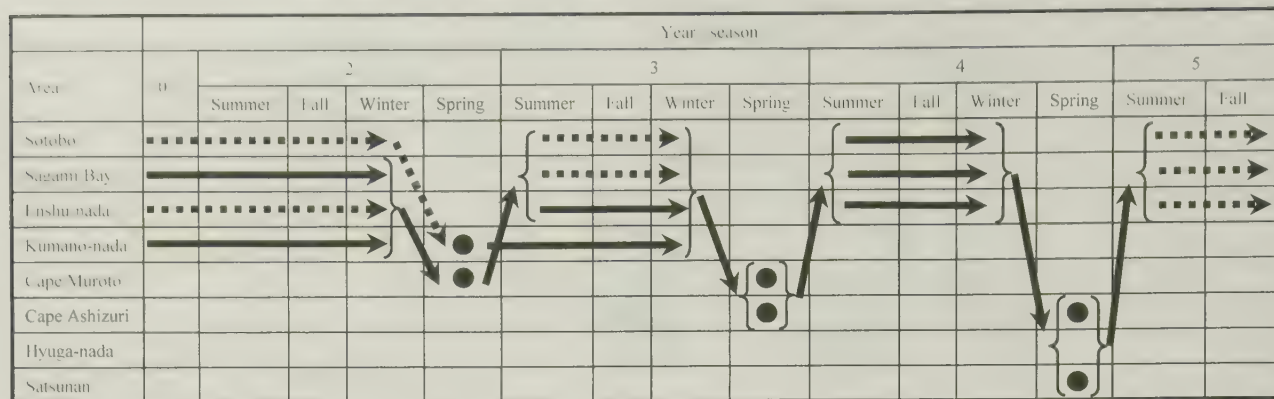


Fig. 2-41. 遠州灘－四国南西部回遊群に属するブリの回遊様式：実線は本研究で確認された移動，点線は想定される移動：●は本研究中に行われたであろう産卵

Migration pattern of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) that belongs to the migration group between Enshu-nada and southwestern Shikoku. Solid and dotted arrows denote migrations confirmed and supposed in this study, respectively. Closed circles denote spawning expected in this study.

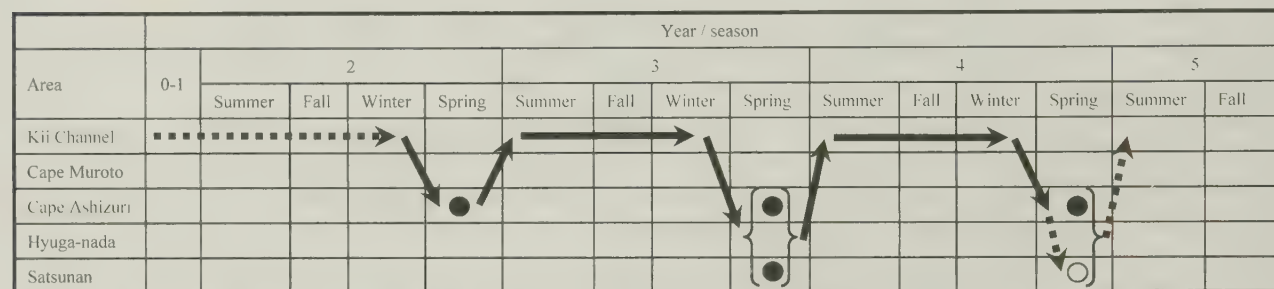


Fig. 2-42. 紀伊水道－薩南回遊群に属するブリの回遊様式：実線は本研究で確認された移動，点線は想定される移動：●は本研究中に行われたであろう産卵，○は想定される産卵

Migration pattern of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) that belongs to the migration group between Kii Channel and Satsunan. Solid and dotted arrows denote migrations confirmed and supposed in this study, respectively. Closed and open circles denote spawning expected and supposed in this study, respectively.

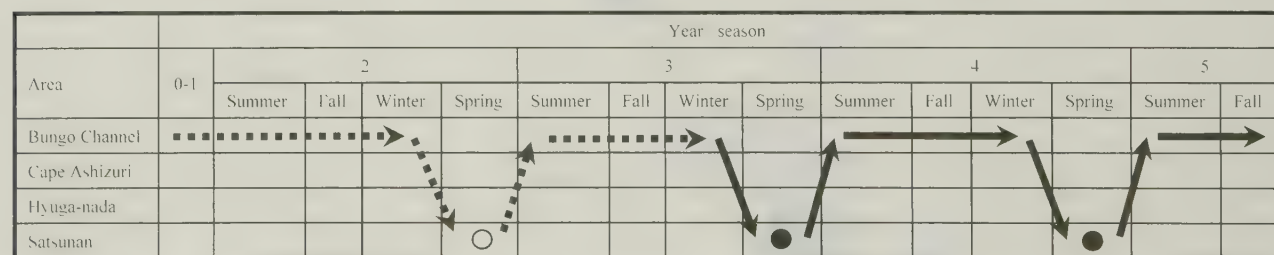


Fig. 2-43. 豊後水道－薩南回遊群に属するブリの回遊様式：実線は本研究で確認された移動，点線は想定される移動：●は本研究中に行われたであろう産卵，○は想定される産卵

Migration pattern of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) that belongs to the migration group between Bungo Channel and Satsunan. Solid and dotted arrows denote migrations confirmed and supposed in this study, respectively. Closed and open circles denote spawning expected and supposed in this study, respectively.

謝 辞

太平洋側における放流調査は、岩手県水産技術センター、千葉県水産総合研究センター、静岡県水産技術研究所伊豆分場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、越喜来定置組合小壁、二水漁場（岩手県）、鴨川漁業協同組合（千葉県）、網代漁業株式会社（静岡県）、片田定置株式会社（三重県）、宮崎水産株式会社（三重県）、高岡大敷組合（高知県）、株式会社マルハニチロ水産伊佐漁場（高知県）、三崎漁業協同組合（愛媛県）、延岡水産開発株（宮崎県）、(有)東水産（宮崎県）のご協力によって実施することができました。ま

た、宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場、韓国 National Fisheries Research and Development Institute を初め、多くの水産研究機関および漁業関係者や遊漁の方々から標識魚の再捕の報告とアーカイバルタグの回収にご協力いただき、時には魚体をご提供いただきました。和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、大分県農林水産研究センター水産試験場からは、海洋観測データをご提供いただきました。

（阪地英男，久野正博，梶 達也，青野怜史，福田博文）

執筆者連絡先

- 阪地英男（Hideo Sakaji） 中央水産研究所 〒236-8648 横浜市金沢区福浦2-12-4（Natl Res. Inst. Fish. Sci, Fukuura, Kanazawa, Yokohama 236-8648 Japan）
- 久野正博（Masahiro Kuno） 三重県水産研究所 〒517-0404 志摩市浜島町浜島3564-3（Mie Pref. Fish. Res. Inst., Hamajima, Hamajima Shima, Mie 517-0404 Japan）
- 梶 達也（Tatsuya Kaji） 高知県水産試験場 〒785-0167 須崎市浦ノ内灰方1153-23（Kochi Pref. Fish. Exp. Station, Haikata, Uranouchi, Susaki, Kochi 785-0167 Japan）
- 青野怜史（Satoshi Aono） 高知県水産試験場 〒785-0167 須崎市浦ノ内灰方1153-23（Kochi Pref. Fish. Exp. Station, Haikata, Uranouchi, Susaki, Kochi 785-0167 Japan）
- 現所属：高知県宿毛漁業指導所 〒788-0265 宿毛市小筑紫町湊208-16（present address: Kochi Pref. Sukumo Fish. Guidance Office, Minato, Kozukushi, Sukumo, Kochi 788-0265 Japan）
- 福田博文（Hirofumi Fukuda） 宮崎県水産試験場 〒889-2162 宮崎市青島6-16-3（Miyazaki Pref. Fish. Exp. Station, Aoshima, Miyazaki 889-2162 Japan）

3. ブリの移動・回遊と海洋環境の関係の解明と来遊量予測手法の開発

緒 言

ブリは、冬から春に東シナ海～九州周辺海域を主産卵場として、春から夏にかけて水温の上昇とともに北上し北海道までの日本周辺海域に加入し、秋から冬の水温下降期に南下回遊する（山本ら、2007）。その間沿岸域の各地で定置網、釣り、まき網などの漁業によって漁獲される。ブリの漁獲量は大きい年変動を示しながら、増加の一途を辿っている（上原ら、1998；田、阪地、2010）。ブリ類の漁獲量は1910年代には2万トン未満であったが、2000年代には6万トン超え、現在は歴史的な高水準にある。しかし、長期的に増加傾向を示している一方、年代によって豊漁・不漁が繰り返す周期的変動も見られる。ブリは1950年代以前には定置網による漁獲がほとんどであったが、1960年代以降はまき網の漁獲量は増加し続け、2000年代以降ではまき網の漁獲量が定置網を超え最も多くなっている。漁獲努力量が比較安定している定置網の漁獲量は、まだ過去の水準に達していない。このように、ブリ資源の合理的・持続的利用のために、漁獲量の変動をもたらす要因を把握することが必要である。

各地の漁況特に定置網漁況はブリの来遊・分布状況に大きく依存する。ブリの漁況は古くから海況に大きく関係することが知られてきた（伊東、1959；宇田、1963；原、1990）。日本海におけるブリの漁況は、対馬暖流沖合に存在する冷水塊の沿岸域への離岸接岸と関連が深いと古くから指摘されている（小川、1976）。また近年では、ブリの来遊量および分布は年齢と環境レジームによって大きく異なることが明らかになった（原、村山、1992；井野ら、2006、2008；前田ら、本稿1-(1)-1；奥野ら、本稿1-(1)-2）。さらに、ブリ資源の長期変動に気候のレジームシフトが影響していると報告されている（久野、2004；Tian *et al.*, 2008）。1990年代以降におけるブリ漁獲量の高い水準は、水温の温暖レジームが、0歳の加入量の増大または回遊と分布域の変化に伴う漁場形成に有利に働いたことが原因の一つであると考えられる（内山、1997；井野ら、2006）。特に日本海の海洋環境では十年規模の変動やレジームシフトのような中長期的変動が卓越すると報告されており（千手ら、2003；Tian *et al.*, 2008）、レジームシフトがブリ資源に大きく影響することが考えられる。

2000年代以降ブリ全漁獲量に占めるまき網の割合が定置を超えているが、日本海では定置網の割合が6割以上を占め、古くから最も重要な漁業であり続けている。しかし、各海域におけるブリの来遊量と分布は、海況の影響を強く受けるので、漁獲量の変動傾向が海域によって大きく異なり、ブリの来遊量の予測手法の開発が強く求められている。原（1990）と北原、原（1990）では日本海に來遊するブリの指標値として、定置網の漁獲量の対数値をとって指数化したが、海域における変動の違いおよび環境要因の影響を考慮していない。また、ブリ定置網は、夏～秋に0歳魚を対象とするのに対して、冬～春には成魚を多く漁獲している。このように、ブリの漁況は海域・年齢によって異なることから、来遊量予測は海域特性とブリの漁獲対象年齢を考慮する必要がある。

そこで本研究では、年齢別・海域別のブリの回遊パターンに関する最新の研究成果（前田ら、本稿1-(1)-1；奥野ら、本稿1-(1)-2；渡辺ら、本稿1-(2)；井野ら、2008）を踏まえて、ブリの漁獲量の長期変動に及ぼす環境要因の影響を把握するとともに、水温のマッピングによりブリの越冬域と分布海域の年代的变化を推定し、ブリの漁況に及ぼす環境要因の影響を明らかにする。そして、海域別・年齢別の来遊量指数を算出し、それに影響する環境要因を抽出し、環境因子と0歳の来遊量を考慮したブリの来遊量予測モデルを開発する。（田 永軍）

3. ブリの移動・回遊と海洋環境の関係の解明と来遊量予測手法の開発

(1) 移動・回遊と海洋環境の関係の解明

方 法

ブリ長期変動特性の把握 1894年以降の漁獲統計を用いて、海区別のブリの漁獲量の長期変動について調べた。また、日本周辺の表面水温 (SST) の長期データセット (友定, 2005; 1900–2002年, 経緯度一度間隔) を用いて、ブリの生活史に関わる海域の SST 時系列を抽出し、その変動傾向を調べるとともに、海区別 (日本海中北部, 山陰, 東シナ海, 太平洋北部, 房総, 太平洋中南部) のブリ漁獲量の長期変動との関係について解析を行った。また、Riodonov (2004) の STARS 手法を用いて、時系列におけるレジームシフトの検出を行った。

来遊量変動と環境の影響 ブリの漁況変動は年齢および海域によって大きく異なることから、日本海側主要府県 (長崎, 兵庫～青森) の定置網の年齢別漁獲量データ (1971–2006年, 漁業年度7–6月) を用いて、主成分分析およびクラスター分析を行い、海域別・年齢別の漁獲量変動特性を把握するとともに、海域別・年齢別の来遊量指数 (漁獲量の対数値) を算出し、環境指標との関係について調べた。なお、環境指標値として日本海の50 m 深水温および冷水域面積を用いた (加藤ら, 2006)。

水温のマッピングによる越冬域と分布域の推定 アーカイバルタグ調査によってブリが10℃以上の海域で越冬することがわかった (奥野ら, 本稿1-(1)–(2))。そこで、10℃をブリの回遊・分布を規定する最低水温として、日本海の水温データベース (日水研, 1963–1998年) および GIS 手法を用いて、年別・月別の水温のマッピングを行い、日本海におけるブリの越冬域および回遊・分布可能水域を推定し、その年代的变化について調べた。また、1981–2007年における旬別表面水温データ (JAFIC より提供) を用いて、太平洋を含む日本周辺の水温を表示するアニメーションプログラムを作成することで、ブリの回遊・分布に関する年別・月別の水温のマッピングを行い、太平洋を含めた日本周辺海域におけるブリの越冬域および回遊・分布可能な水域の変動パターンを調べた。

結 果

ブリ漁獲量の長期変動特性と水温への応答 ブリの漁獲量は過去1世紀に上昇トレンドを示し、1990年以

降は最高水準にあるが、線形的な増加トレンドとともに、10–20年周期いわゆる十年規模の変動パターンが顕著である (Fig. 3-1-1)。なお、特に戦後におけるブリ漁獲量の増加は主にまき網によるもので、定置網による漁獲量は線形的に増加していない (田, 阪地, 2010)。海区別の漁獲量ではまき網が主体である山陰, 東シナ海・房総は特に戦後増加トレンドが顕著であるが、定置網が主体である日本海中北部, 太平洋北部および中南部の海域は、10–20年周期いわゆる十年規模の変動パターンを示し、環境の影響を強く示唆した (Fig. 3-1-2)。Riodonov (2004) の STARS 手法により、1911/12, 1931/32, 1950/51, 1973/74, 1989/90にレジームシフトが検出された。なお、太平洋中南部以外の5つの海区は、概ね同様な変動パターンを示しているが、太平洋中南部は全体の変動傾向と異なる。

ブリに及ぼす水温の影響について Fig. 3-1-3に示す8海域 (A, C-I) の水温を抽出して検討を行った。海域および季節による変動の違いがあるが、過去1世紀における日本周辺海域の SST は、増加または減少の線形的トレンドが見られず、寒暖が繰り返す十年規模の変動の特徴を明瞭に示している。1950–1960年代および1990年代が温暖期であるのに対して、1970–1980年代は寒冷期に相当する。水温におけるレジームシフトがブリの漁獲量におけるレジームシフトと一致することが概ね認められ、ブリの漁獲量は概ね温暖期に増加、寒冷期に減少する傾向が見られた。太平洋中南部を除けば、各海区のブリ漁獲量は SST と有意な正の相関関係を示した (Table 3-1-1)。特に、漁獲努力量の変動が比較的安定している定置網の漁獲量とデータの精度が高い戦後の水温の変動パターンと良く一致した (Fig. 3-1-4)。また、ブリ銘柄 (2歳魚以上) の長期変動も明瞭な周期的変動を示し、寒暖レジームに対応して増減している。これらの結果は、ブリの漁獲量は中長期的に水温に大きく影響され、水温の上昇がブリの来遊または漁況に有利に働くと考えられる。

海域別・年齢別の来遊量指数の変動特性と環境の影響 1971年–2006年 (7–6月漁期年度) における日本海的主要府県の定置網の年齢別漁獲量は、1990年以降著しく増加した (Fig. 3-1-5)。特に1歳と2歳以上の漁獲量が大きく増加した。主成分分析およびクラスター解析の結果、日本海におけるブリの漁獲量変動は各年齢ともに、概ね北部 (青森～新潟), 中部 (富山～石川内浦), 西部 (石川外浦～京都) と対馬 (兵庫

～長崎)の4海域に分けることが出来た。また、主成分分析による第1～3主成分が各年齢ともに1980年代末に著しい変化を示し、レジームシフトの影響を強く示唆した (Fig. 3-1-6)。

以上の結果に基づいて、変動傾向が類似する4海域 (北部：青森～新潟；中部：富山～石川内浦；西部：石川外浦～京都；対馬：兵庫～長崎)に区分して、海域別・年齢別の来遊量指数を算出した (Fig. 3-1-7)。北部と西部の0歳の来遊量指数は1980年代以降増加傾向が見られたが、中部では減少した。1歳の来遊量指数は、対馬以外の海域では同様な変動パターンを示し、増加傾向を示している。また、2歳の来遊量指数は、対馬を除く海域では1980年代末を境に大きく増加し、環境レジームシフトの影響を強く示唆した。

海域別・年齢別の来遊量指数と環境指標との相関関係を解析した結果、各年齢の来遊量指数は他海域の来遊量および環境要因に関係することが明らかになった (Table 3-1-2)。0歳の来遊量は、隣接する他海域の来遊量および冬季水温に大きく関係する。中部海域の0歳の来遊量は、西部海域と負の相関関係を示した。また、1歳および2歳以上の来遊量指数は、同年齢の他海域の来遊量以外に、若齢魚の来遊量および水温・冷水域面積にも大きく関係する (例, Fig. 3-1-8,

Fig. 3-1-9)。これらの関係から、各海域の年齢別来遊量を把握することが可能になり、ブリの漁況を予測するための手がかりが得られた。

水温のマッピングによるブリ越冬海域および分布海域の年代的变化 10℃を指標として、日本海における1963～1998年の冬季 (3月)SSTのマッピングを行った結果、ブリの越冬可能な海域は、1965～1967年および1988年以降では能登半島以北に広がることを示されたが、1960年代末から1987年までには、殆どの年では能登半島以南に限られ、水温のレジームによって規制されることが明らかになった (Fig. 3-1-10)。但し、エルニーニョによる影響が考えられる1972年や1979年には越冬可能域が能登半島以北に達した。Fig. 3-1-11に代表年による越冬海域の年代変化の模式図を示した。寒冷化の進行に伴い、ブリの越冬可能域が能登半島以南に縮小するが、温暖の年代には能登半島以北へ越冬海域が北偏し拡大する。

また、日本海における夏季 (9月)の100 m水温によるマッピングの結果、1970年代と1980年代では、9℃以上の海域は津軽海峡に達しないうえ15℃以上の海域が狭い。これと対照的に、1990年代には9℃以上の海域が北海道に達するうえ15℃以上の海域も広い (図省略)。このことは、水温のレジームは冬にお

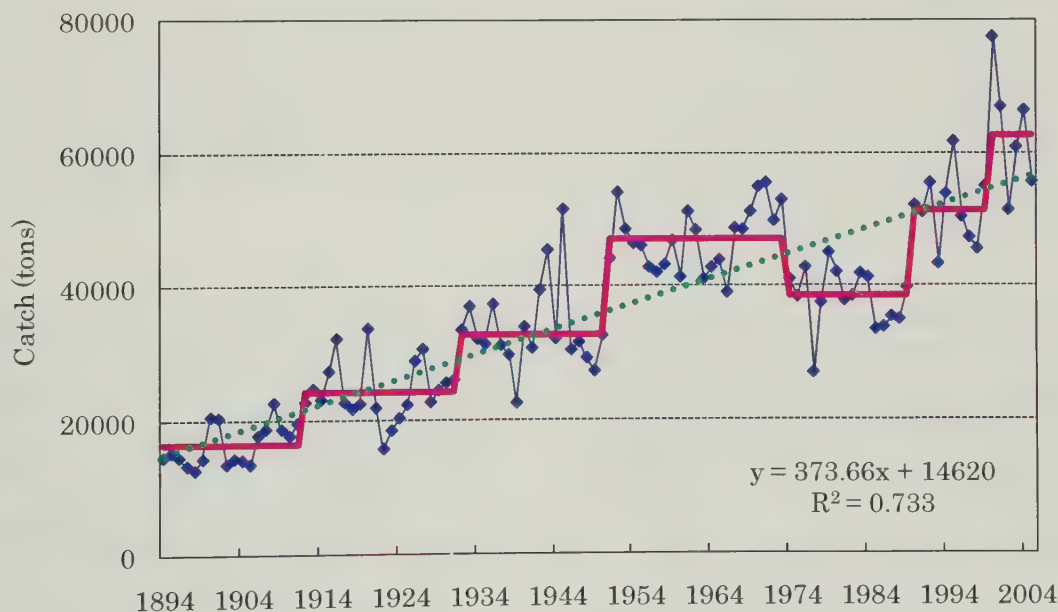


Fig. 3-1-1. ブリ漁獲量の経年変化。緑色の点線と赤色の太実線はそれぞれ線形トレンドおよびSTARSによって検出されたレジームである。

Annual changes (solid line with diamonds) in the catch of yellowtail from Japanese waters between 1894 and 2005. The linear trend and step changes identified by STARS were shown as dashed and solid bold lines, respectively.



Fig. 3-1-2. 海域別のブリ漁獲量の経年変化。赤色の太実線は STARS によって検出されたレジームである。
Annual changes (solid line with diamonds) in the catch of yellowtail for six fisheries regions (northern Japan Sea, Sanyin, East China Sea, Northern Pacific, Bousou, and Southern Pacific) between 1894 and 2005. The step changes identified by STARS were shown as bold lines.

けるブリの越冬可能域だけでなく、ブリの北上回遊、分布も制限することを強く示唆した。日本海におけるブリの漁獲量は夏冬ともに寒冷の時代は特に不漁、逆に夏冬ともに温暖の時代は特に好漁（図省略）であることから、越冬域および回遊・分布をそれぞれ規定する冬と夏の水温は、ブリの漁況を大きく左右することを強く示唆した。

また、1981～2007年における旬別表面水温データを用いて、太平洋を含む日本周辺の水温を表示するアニメーションプログラムを作成した。これにより、日本海だけでなく太平洋におけるブリの越冬域および回遊・分布可能な水域をマッピングすることが出来た。冬季（3月）水温のマッピングによって、太平洋における

越冬可能域は1980年代に比べて1990年代以降房総以北に広がったことが示された（Fig. 3-1-12）。また秋季（12月）におけるマッピングの結果、1990年代におけるブリの分布可能域は1980年代に比べて大きく北偏することが明らかになった（Fig. 3-1-13）。1990年代以降におけるブリの漁獲量の増加、特に北部海域における増加は、ブリの越冬水域と分布域が北部に拡大したことに関係することが示唆された。

考 察

海区域別のブリの漁獲量の長期変動は、太平洋中南部海域以外では概ね同様な傾向を示し、表面水温と

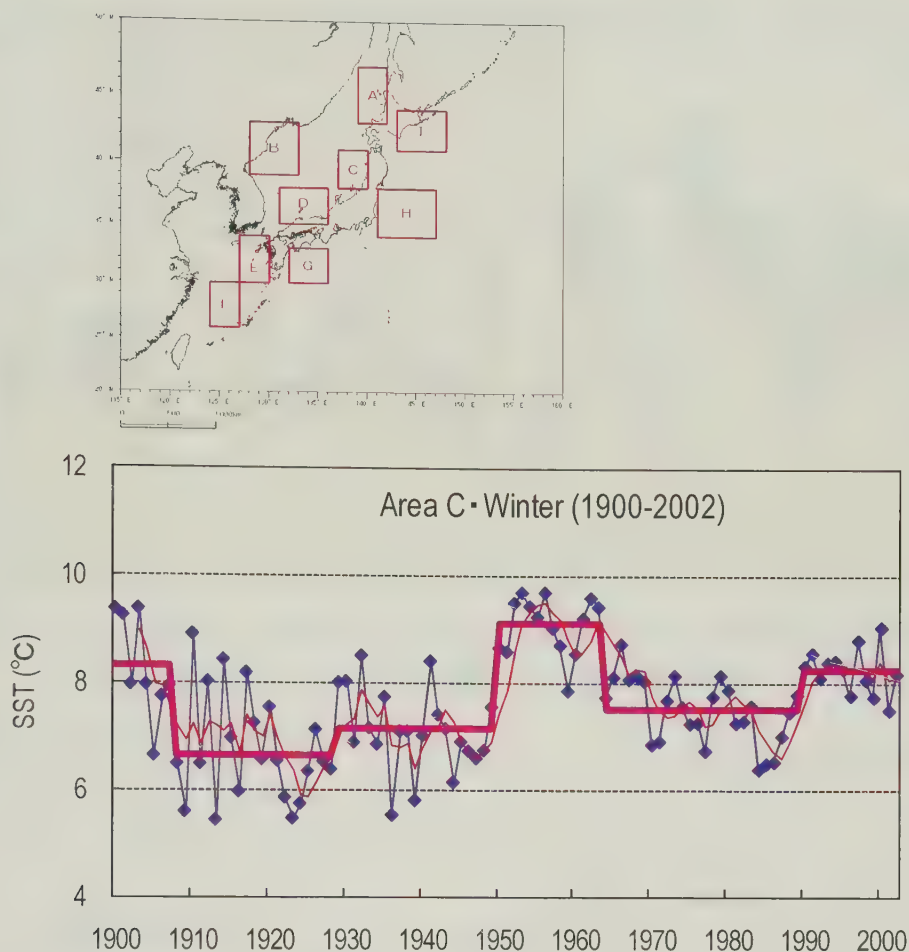


Fig. 3-1-3. C 海域における冬季表面水温の経年変化。赤色の細いと太い赤線はそれぞれ5年移動平均と STARS によって検出されたレジームを示す。

Annual change (solid line with diamonds) and five years moving average (red line) in winter SST (Sea Surface Temperature) for Area C (top panel) between 1900 and 2002. The step changes indentified by STARS were shown as solid bold lines.

正の相関を示し、水温によく対応することが明らかになった。またブリの漁獲量は十年規模の周期的変動を示し、検出されたレジームは水温のレジームシフトと概ね一致することから、気候レジームシフトの影響を強く示唆した（久野，2004）。特に定置網については温暖レジームではブリの豊漁という結果は（例，Fig. 3-1-4），日本海能登半島の定置網の戦前の古いデータよりも支持される（伊東ら，1959）。

定置網の年齢別漁獲量データによる変動解析から、日本海におけるブリの漁況変動は概ね北部（青森～新潟）、中部（富山～石川内浦）と西部（石川外浦～京都）の3海域に分けることが可能であることが明らかになった。中部海域は実際に富山湾に相当することから、

日本海における海域の変動は、能登半島を境に北部と西部に分けることができると考えられる。この区分はブリの標識放流実験による回遊パターンの解析結果とよく一致する（奥野ら，本稿 1-(1)-2)）。このことは、ブリの回遊パターンはブリの漁況および漁獲量変動に深く関係することを示唆し、ブリの漁況を予測するには、海域別・年齢別の漁獲量変動および回遊パターンを把握することが重要であると考えられる。

1980年代末を境に、北部と中部における2歳以上の割合が大きく増加したのに対し、西部海域特に対馬海域では2歳以上の割合が減少した（Fig. 3-1-7）。これは北部海域ほど0歳と1歳の若齢魚の割合が大きくなるという村山，北原（1992）の報告と異なる。1990年

Table 3-1-1. 海区分別ブリの漁獲量と海域別表面水温の相関係数
Regression coefficients between catch of yellowtail and SST by fishery region for the period of 1900-2002

	Japan Sea				ECS		Pacific	
	A	C	D	E	F	G	H	I
JS_CN	-0.42**	0.45**	0.21*	0.57**	0.59**	0.60**	0.51**	0.32**
SANYIN	-0.43**	0.44**	0.12	0.51**	0.67**	0.67**	0.38**	0.29**
ECS	-0.36**	0.28**	0.01	0.40**	0.56**	0.54**	0.30**	0.16
PO_N	-0.35**	0.48**	0.29**	0.52**	0.40**	0.49**	0.47**	0.38**
BOUSO	-0.44**	0.47**	0.21*	0.58**	0.58**	0.68**	0.35**	0.18
PO_CS	-0.02**	-0.02	-0.03	-0.02	-0.10	-0.04	0.06	-0.08
TOTAL	-0.50**	0.51**	0.19	0.63**	0.68**	0.73**	0.53**	0.32**

JS_CN, SANYIN, ECS, PO_N, BOUSO, PO_CS and TOTAL represent catch of yellowtail from northern Japan Sea, Sanyin, East China Sea, Northern Pacific, Bousou, Southern Pacific and total Japan, respectively. A and C-I indicate the area for SST (See Fig. 3-1-3). Single and double asterisks represents significance at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively.

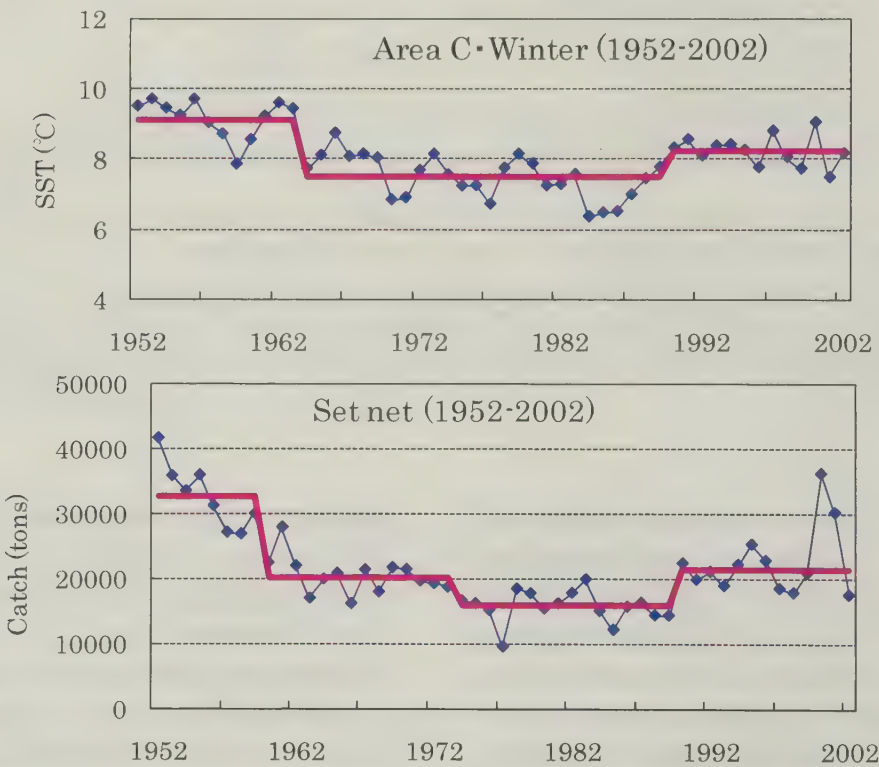


Fig. 3-1-4. 1952～2002年における C 海域冬季水温(上)とブリ定置網漁獲量(下)の推移。赤色の太線は STARS によって検出されたレジームを示す。
Annual change (solid line with diamonds) in winter SST (Sea Surface Temperature) for Area C (top panel) and in catch of yellowtail from set net fishery (low panel) between 1952 and 2002. The step changes indentified by STARS were shown as solid bold lines.

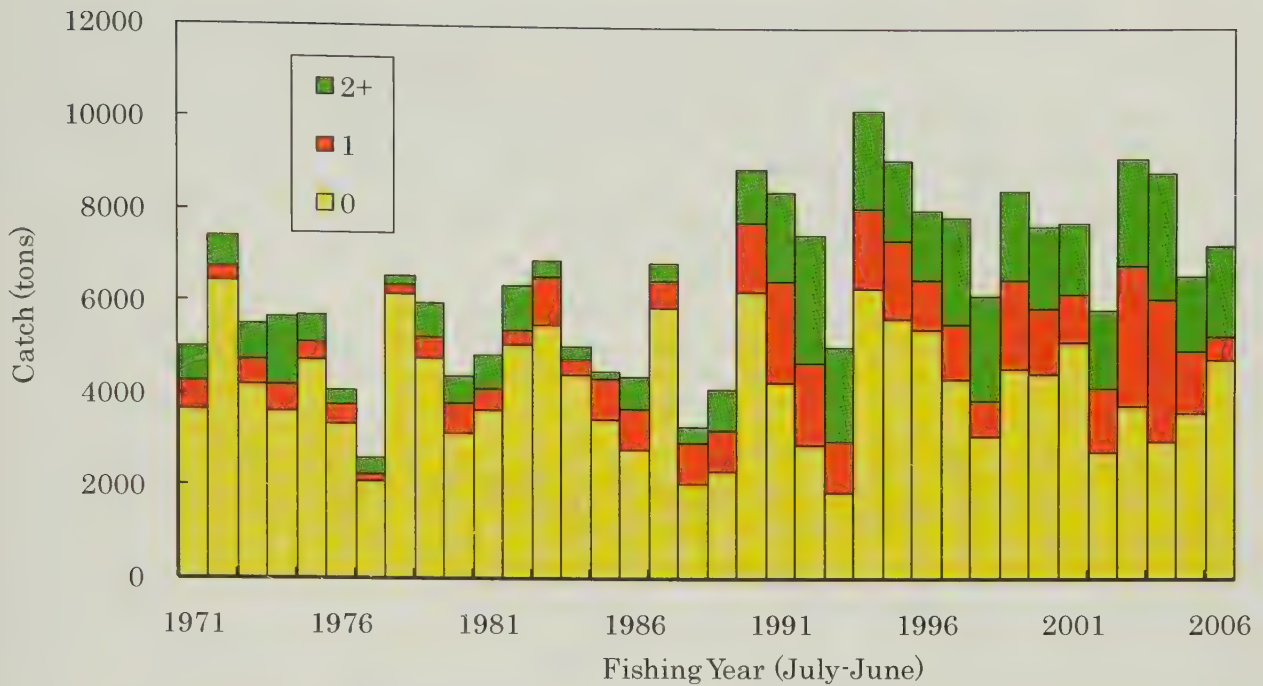


Fig. 3-1-5. 年齢別ブリ漁獲量の経年（漁獲年度）変化。

Annual changes in the catch of yellowtail by age group (0, 1 and 2+) from set net fishery in the Japan Sea during 1971-2006 (fishing year).

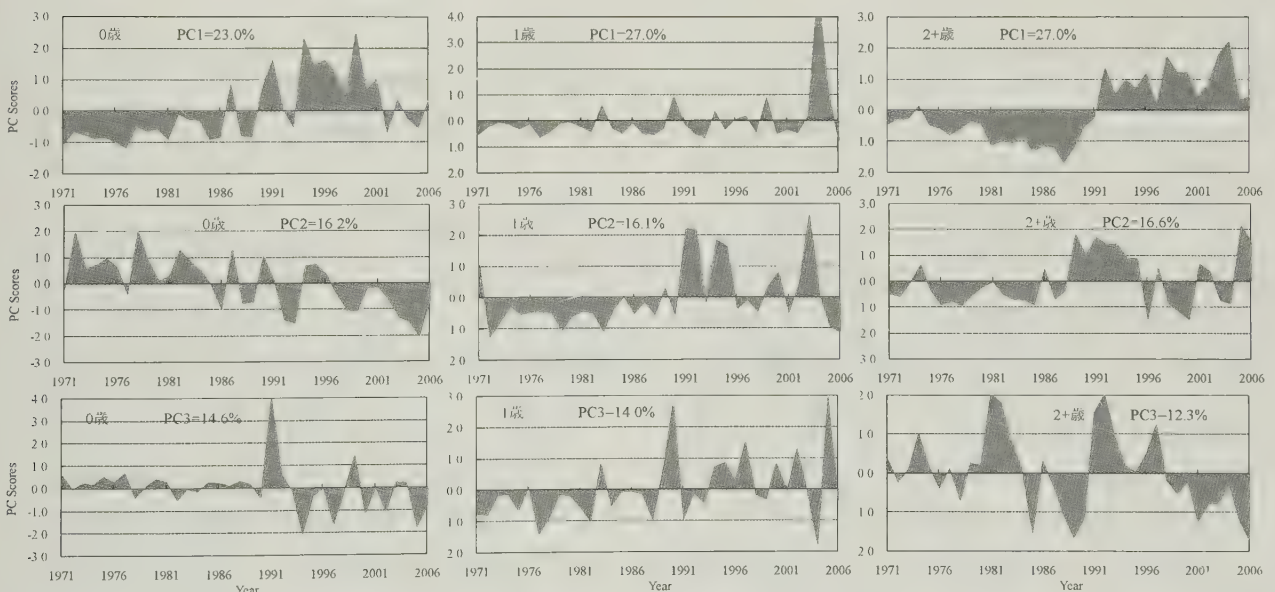


Fig. 3-1-6. ブリの年齢別漁獲量の主成分分析による第1～3主成分得点の時系列。

The first three principal component (PC1-3) scores (shaded area) from the principal component analysis for the catch of yellowtail by age group (0, 1 and 2+) from set net fishery during 1971-2006

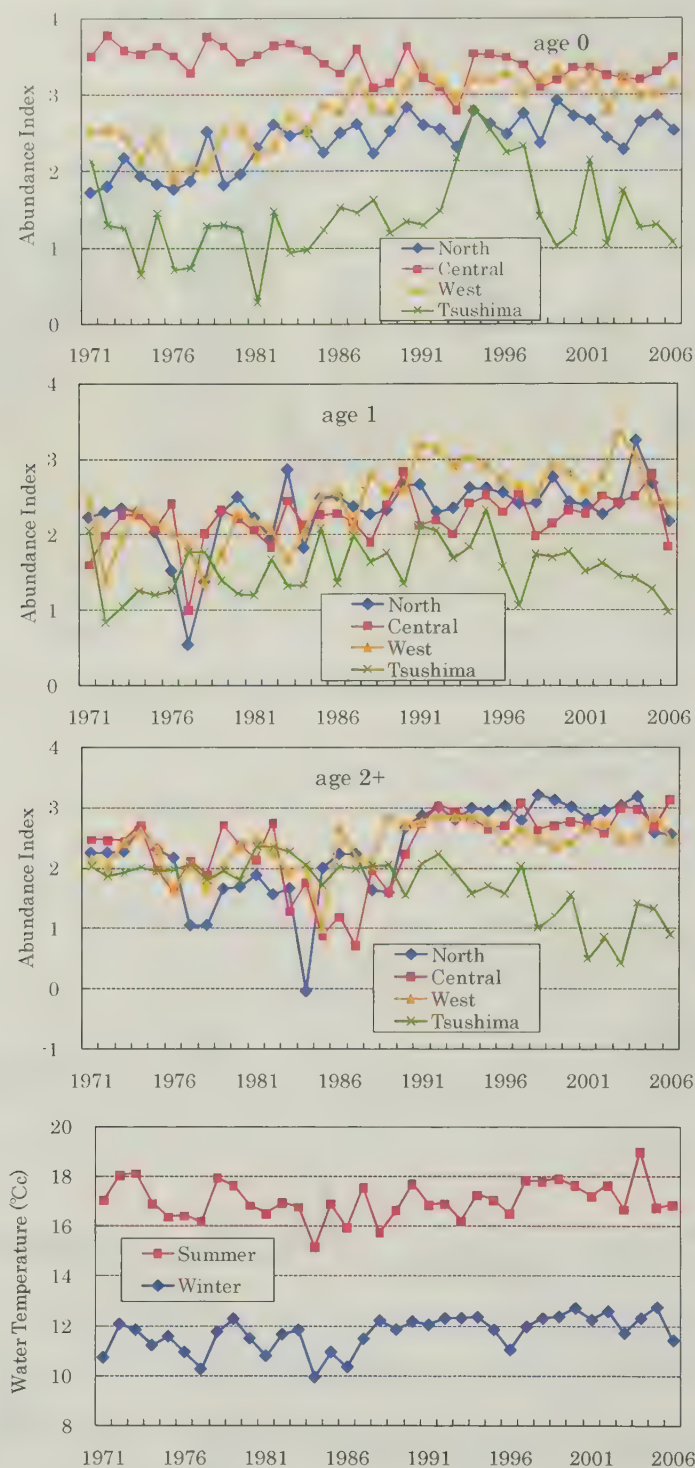


Fig. 3-1-7. プリの年齢別来遊指数（上部3つの図）と日本海水温（下）の経年変化。

Annual changes in abundance index (top three panels) of yellowtail by age group (0, 1 and 2+) for four areas (north, central, west and Tsushima) during 1971-2006 (fishing year). The annual water temperatures in winter and summer in the Japan Sea were shown in the low panel.

Table 3-1-2. 海域別（北部，中部，西部）の来遊量指数間および環境要因との相関関係
Correlation matrix between abundance indices of yellowtail for three areas (NJS, CJS and WJS) and between abundance index and environmental factors (EF)

Area	Age	NJS			CJS			WJS		
		0	1	2+	0	1	2+	0	1	2+
NJS	0	-	×	×	×	●	×	●	●	●
	1	-	-	●	-	●	×	-	●	●
	2+	-	-	-	-	-	●	-	-	●
CJS	0	×	×	-	-	×	×	○	○	○
	1	-	●	-	-	-	×	-	×	×
	2+	-	-	-	-	-	-	-	-	●
WJS	0	●	●	-	○	●	×	-	●	●
	1	-	●	-	-	×	●	-	-	●
	2+	-	-	-	-	-	●	-	-	-
EF	WT	●	●	●	○	●	●	●	●	●
	CWA	○	○	○	×	×	×	○	×	○

● : positive correlation; ○: negative correlation; × : no significant correlation

NJS, CJS and WJS represent the northern (Niigata-Aomori), central (Toyama-Uchiura Ishikawa) and western (Sotoura, Ishikawa-Kyoto) Japan Sea, respectively.

WT and CWA represent water temperature and cold water areas index respectively.

代における水温の上昇によって，中部以北の海域で越冬が可能になったことが関係すると考えられる。冬季水温のマッピングの結果も1990年代の越冬可能域が能登半島以北に広がったと示唆した (Fig. 3-1-10)。つまり，1980年代末のレジームシフトによって，能登半島以北の水域で越冬が可能になり，若齢魚が北部に留まり，西部への回遊が少なくなったと推察される。

ブリの遊泳水温を規定するパラメータを用いて，越冬海域の年代の変動を図示することができた。水温分布のパターンは，ブリの回遊パターンの年代的に変動と一致した。このことは，水温データからブリの分布・回遊水域を推定することが可能であることを示唆した。1990年代以降能登半島以北で越冬可能という結果は，青森・北海道などを含む日本海北部水域におけるブリの漁獲量の増加と一致する。また，太平洋側の水温のマッピングにより，1990年以降，ブリは房総半島以北で越冬可能であることおよび秋期の分布範囲が北海道北部に達することが可能であることが明らかになった。水温による分布パターンは，1990年以降における北部の漁獲量特に，北海道・青森・岩手での漁獲量の増加と一致する。つまり，水温のレジームシフトに

よって，ブリの回遊・分布海域が変化したことによって，ブリの漁況が変化した。三谷（1964）は1960年代初めに北海道噴火湾におけるブリ漁場の活況は，対馬暖流勢力が強く（水温が上昇）なったことが関係することを指摘している。1990年代以降のブリの漁況は，温暖な1960年代のブリの好漁とよく似ている。

太平洋中南部以外の各海区のブリ漁獲量は長期的に水温のトレンドと一致し，特に産卵場周辺海域の水温と高い相関関係を示している。このことは，産卵場における水温変動はブリの漁獲トレンドに大きく関係することを示唆している。久野（2004）はブリ産卵場における海洋環境の変動は，モジャコの輸送を通じて，ブリの加入に影響する可能性を指摘している。しかし，本研究でマッピングに用いた水温のデータ範囲は，ブリの産卵域をカバーしていなかったため，産卵海域における水温の年代的变化，特にレジームシフトによる変化を調べることができなかった。ブリの産卵の適水温が16～19℃とされているので（山本ら，2007），レジームシフトによって，ブリの産卵場が変化した可能性があるため今後の検討課題である。

海域別・年齢別来遊量指数は環境要因による影響と

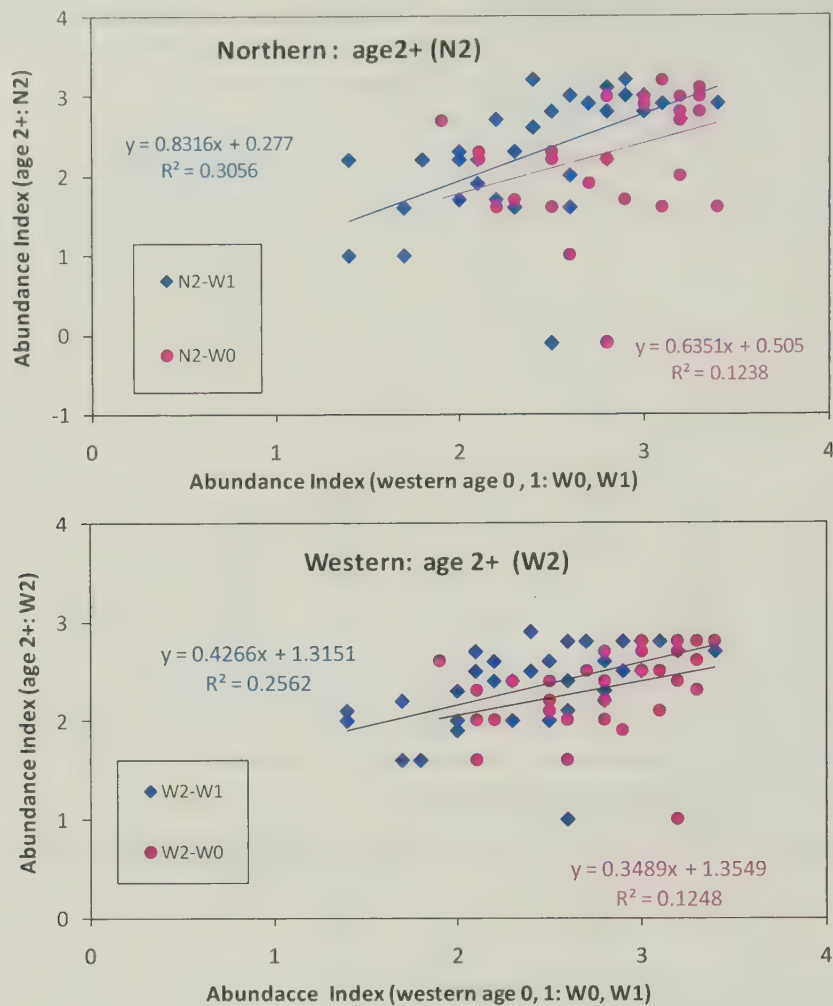


Fig. 3-1-8. 北部（上）と西部（下）海域における2+歳と若齢魚（0歳と1歳）来遊量指数の関係。赤丸と青菱形はそれぞれ2+と0歳および2+と1歳のプロットを示し、その回帰直線と回帰式を図示した。

Relationships in the abundance index of yellowtail between large age group (2+) and young age group (0 and 1). (Top panel: northern region; low panel: western region). The red cycles and blue diamonds indicate plots between age 2+ and age 0 (N2-W0 or W2-W0), and between age 2+ and age 1 (N2-W1 or W2-W1), respectively. Regression line and equation are shown.

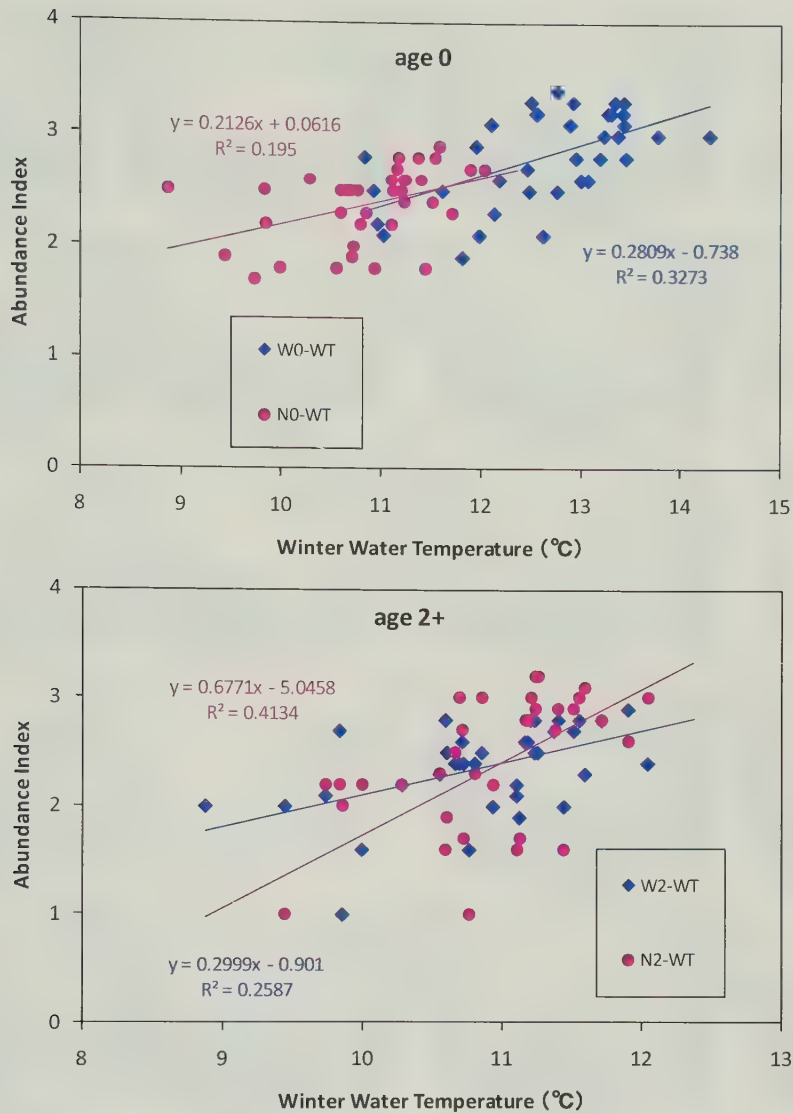


Fig. 3-1-9. 来遊量指数と水温の関係（上：0歳；下：2+歳）。赤丸と青菱形はそれぞれ北部と西部を示し、その回帰直線と回帰式を図示した。

Relationships between abundance index by age group (0 and 2+) and water temperature. (Top panel: age 0; low panel: age 2+). The red cycles and blue diamonds indicate plots between abundance index in northern (N0, N2) and western (W0, W2) areas, with water temperatures (WT), respectively. Regression line and equation are shown.



Fig. 3-1-10 (a). 日本海における冬季（3月）表面水温の分布の年変化。赤色と青色はそれぞれ9℃と10℃を示す。
Distributions in winter (March) sea surface temperature (SST) in the coastal Japan Sea from 1963-1998. The red and blue areas indicate 9 and 10 degrees in SST, respectively.



Fig. 3-1-10 (b). 日本海における冬季（3月）表面水温の分布の年変化。赤色と青色はそれぞれ9℃と10℃を示す。
Distributions in winter (March) sea surface temperature (SST) in the coastal Japan Sea from 1963-1998. The red and blue areas indicate 9 and 10 degrees in SST, respectively.

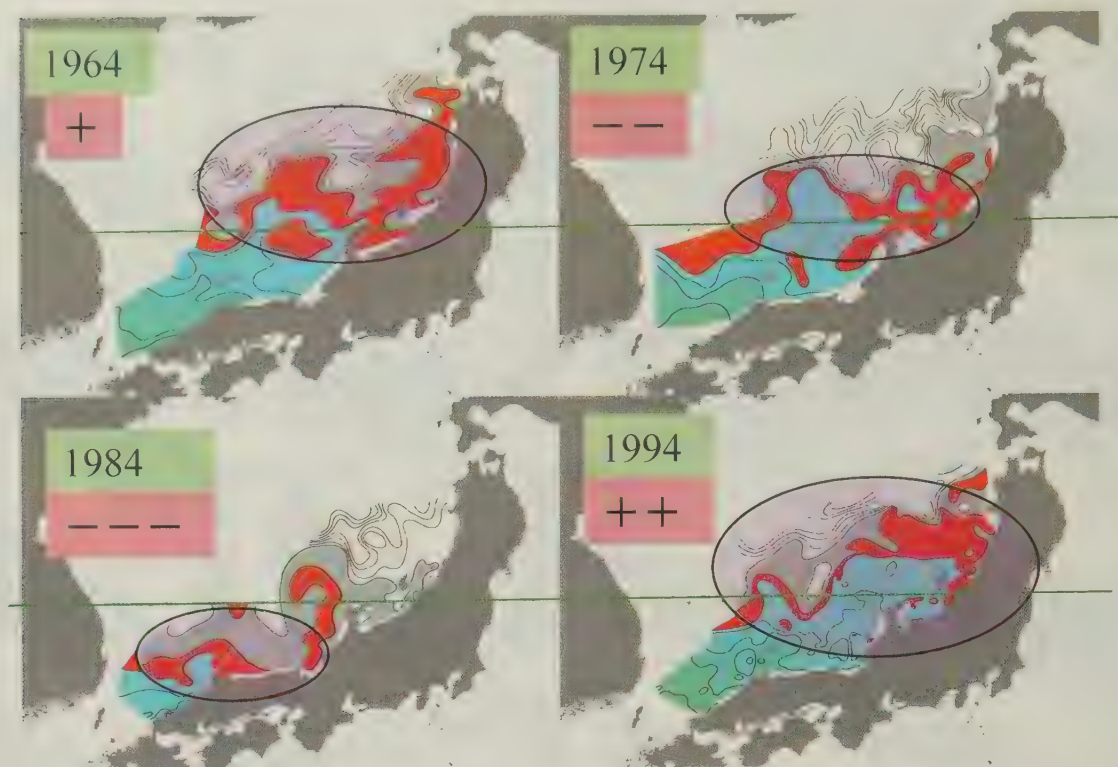


Fig. 3-1-11. 代表年による日本海の冬季水温の年代的变化の模式図。プラス (+) とマイナス (-) はそれぞれ高温と低温年, プラスとマイナスの数は高温と低温の程度を表す。能登半島の位置は緑色の細線で示している。

Schematic diagrams to show the typical years in the distributions in winter sea surface temperature in the coastal Japan Sea from 1960s to 1990s. The red and blue areas indicate 9 and 10 degrees in SST, respectively. The single (double) cross (slash) indicate the strength of warm (cold) year. The location of Noto Peninsula was marked by green lines.

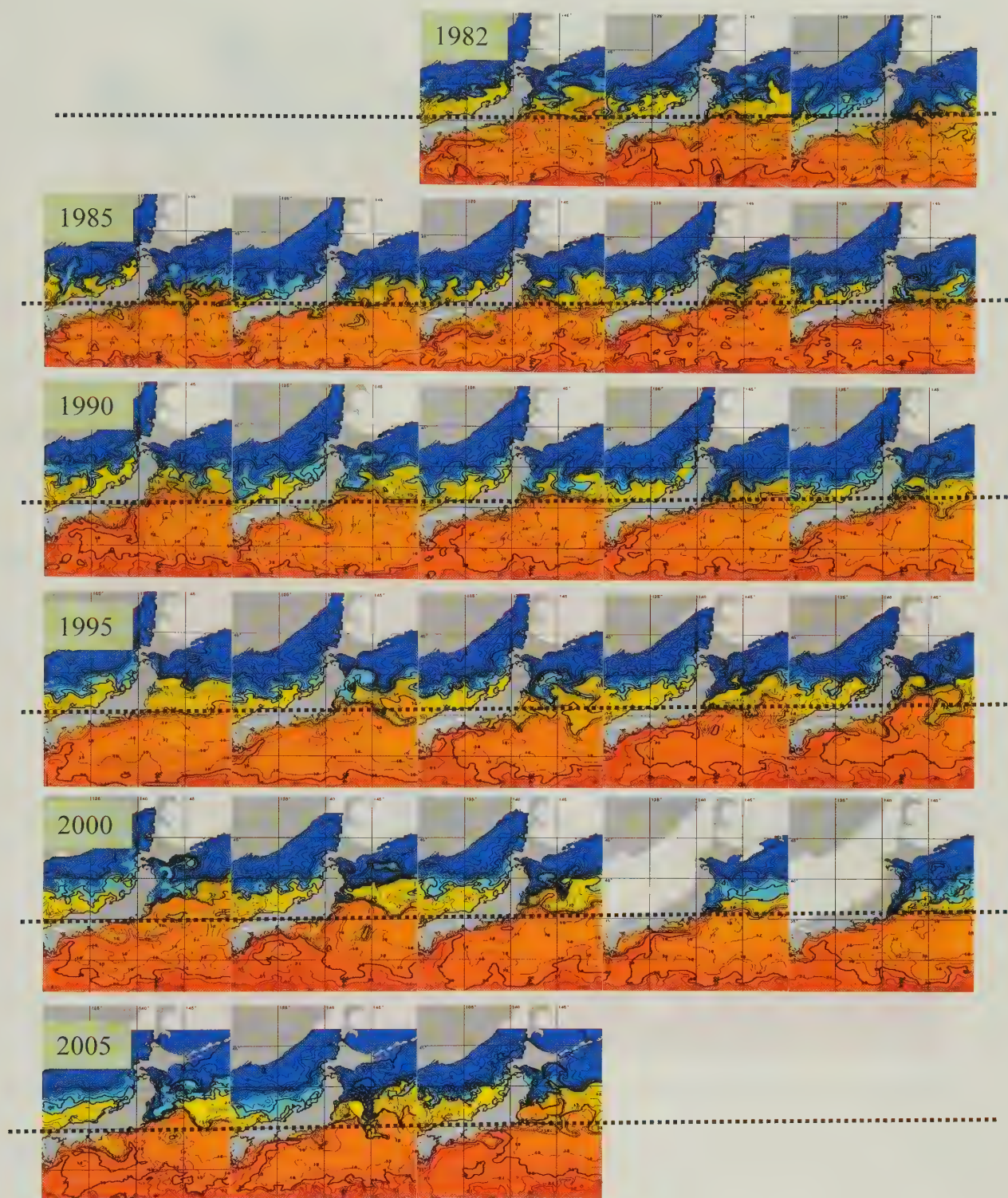


Fig. 3-1-12. 日本周辺海域の3月の表面水温分布の年変化。黄色は9℃を表す。点線は房総半島的位置を示している。
Distributions in sea surface temperature (SST) in March around in the Japanese waters from 1982-2007. The yellow areas indicate 9 degree in SST. The location of Bosou Peninsula was marked by dotted lines.

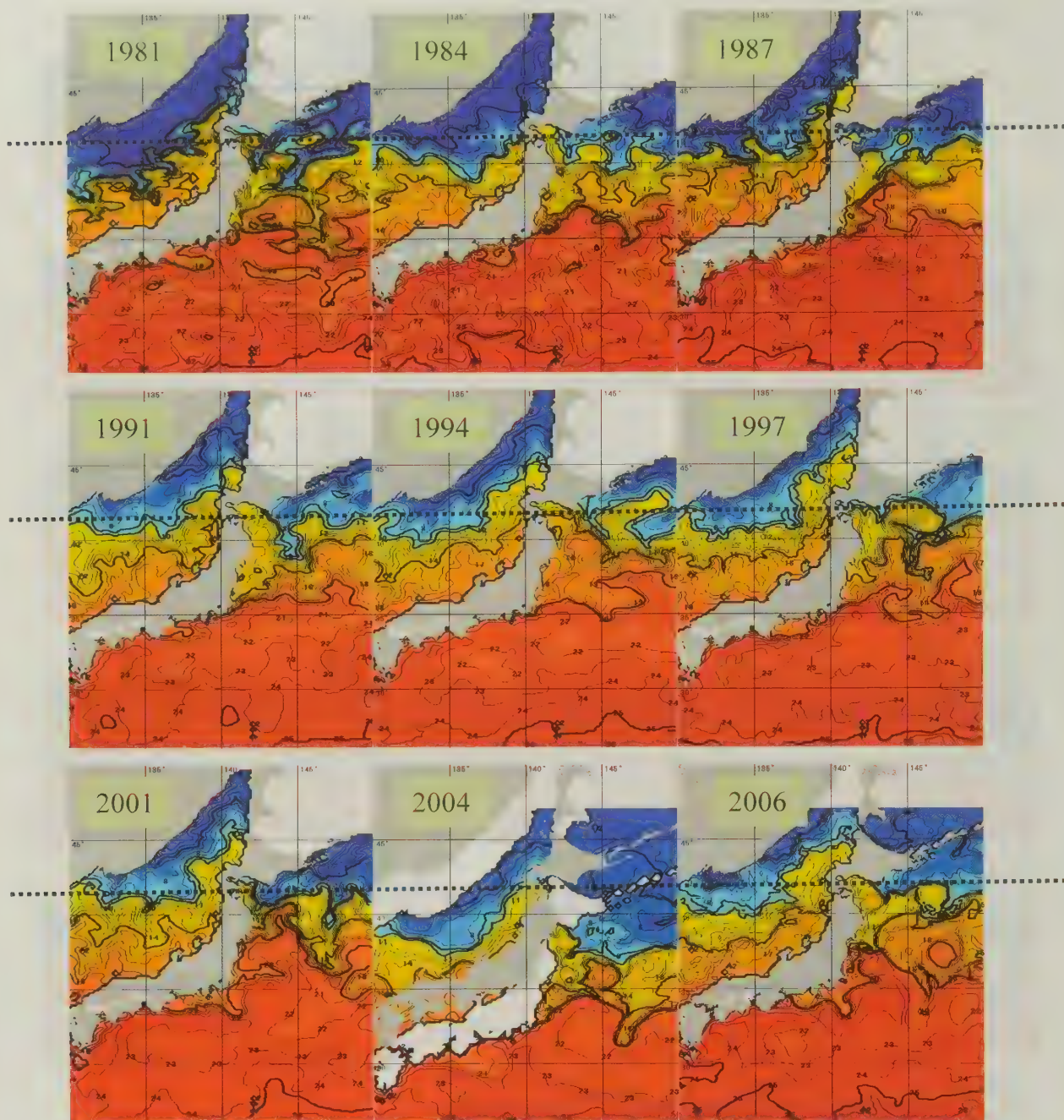


Fig. 3-1-13. 代表年による日本周辺海域の12月の表面水温分布の変化。黄色は9℃を表す。点線は津軽海峡の位置を示している。

Distributions in sea surface temperature in December around in the Japanese waters for typical years from 1980s to 2000s. The location of Tsugaru Strait was marked by dotted lines.

ともに、他海域の来遊量および若齢魚の来遊量と深く関係することが明らかになった。このことは、ブリの来遊量予測手法の開発に大きく寄与するものである。ブリの漁況変動について環境の影響を指摘されているが(小川, 1976), それをどのように予測に用いるかの研究はほとんどなかった。本研究では、ブリの年齢

別・海域別の来遊量の変動特性ならびにそれに及ぼす環境要因を明らかにしたことは、ブリの漁況予測手法の開発に繋がるものと期待される。

(田 永軍, 渡辺 健, 井野慎吾, 奥野充一, 前田英章, 阪地英男)

執筆者連絡先

田 永軍 (Yongjun Tian) 日本海区水産研究所 〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22 (Japan Sea Natl Fish. Res. Inst., Suido-cho, Chu-ou, Niigata 951-8121 Japan)

渡辺 健 (Ken Watanabe) 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)

井野慎吾 (Shingo Ino) 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)

現所属: 富山県農林水産部 (present address: Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Division, Shin-Sougawa Toyama, Toyama 930-8501 Japan)

奥野充一 (Jun-ichi Okuno) 石川県水産総合センター 〒927-0435 石川県鳳珠郡能登町字宇出津新港3-7 (Ishikawa Pref. Fish. Res. Center, Ushitsu-shinko, Noto, Housu, Ishikawa 927-0435 Japan)

前田英章 (Hideaki Maeda) 福井県水産試験場 〒914-0843 敦賀市浦底23-1 (Fukui Pref. Fish. Exp. Station, Urazoko Tsuruga, Fukui 914-0843 Japan)

阪地英男 (Hideo Sakaji) 中央水産研究所 〒236-8648 横浜市金沢区福浦2-12-4 (Natl Res. Inst. Fish. Sci. Fukuura, Kanazawa, Yokohama 236-8648 Japan)

3. ブリの移動・回遊と海洋環境の関係の解明と来遊量予測手法の開発

(2) 来遊量予測手法の開発

方 法

来遊量指数の推定 アーカイバルタグによる年齢別ブリの回遊様式の解析結果（前田ら，本稿1-(1)-1))および、定置網の漁獲量データによる解析結果から（田ら，本稿3-(1)章），ブリの漁況変動について能登半島を境に，日本海の北部と西部の2海域に分けて検討を行うことが相応しい。そこで，年齢別漁獲量データから算出した日本海の北部と西部の年齢別漁獲尾数データ（渡辺ら，本稿1-(2)）を用いて，その対数を取り，海域別・年齢別の来遊量指数を算出するとともに，各年齢の来遊量の海域への配分比率を算出し，来遊量指数と配分比率の変動パターンを明らかにする。

環境要因の抽出と来遊量予測モデル 海域別・年齢別の来遊量指数間の相関関係および来遊量指数と環境要因（水温・冷水域面積）との相関関係を解析し，来遊量指数に影響する諸因子を抽出する。これに基づいて，海域別・年齢別の来遊量指数を予測する重回帰モデルを作成することで，漁況を予測する手法を開発する。なお，回遊パターンの解析により，2歳以下のブリは，それぞれの海域にとどまることがわかったので，海域間の交流がないと仮定してモデルを作成した。用いたデータは西部海域については1985-2006年，北部海域については1981-2006年である。

結 果

海域別来遊量指数と環境要因の抽出 北部海域と西部海域の漁獲尾数は1990年代以降増加した。0歳の漁獲尾数は北部の方が西部より多いが，1歳および2歳以上では西部の方が多い。このことは北部への0歳魚の来遊量は特に1990年代以降増加したことを示している。漁獲尾数から算出した来遊量指数は，両海域ではほぼ同様な変動傾向を示し，1990年以降どの年齢でも増加傾向を示した。特に2歳以上の来遊量指数は，北部と西部海域ではよく一致する傾向を示した（Fig. 3-2-1）。1980年代におけるデータが限られているが，来遊量指数は両海域ともに，1987年級以降大きく増加し，1980年代末のレジームシフトに対応したものと考えられる。

年齢別来遊量指数間には概ね正の相関関係を示し，各年齢の来遊量指数はある年齢群の加入量（0歳）に大きく依存することが示唆された（Fig. 3-2-2）。海域別・

年齢別の来遊量指数と環境要因との相関解析の結果，1歳および2歳以上の来遊量は0歳の来遊量および水温に，また0歳の来遊量は水温によってそれぞれ大きく影響されることがわかった（Fig. 3-2-3）。この結果は3-1で検討した結果とほぼ一致する。

来遊量の海域配分率（西部海域対する北部海域の漁獲尾数の比率）について検討したところ，北部海域への来遊量の割合は，0歳では1990年以前と以降では大きく異なり，1990年代では低かった（Fig. 3-2-4）。寒冷期の方が，0歳魚は北部海域に多く分布していたことを示す。しかし，1歳の比率は逆に1990年代後半以降高かった。このように，海域への配分比率は年齢による違いが見られた。2歳以上の割合も北部海域では1980年代末以降大きく増加した。このことは，レジームシフトによって，北部海域での越冬が可能になり，2歳以上のブリが北部海域に留まったことを示していると考えられる。

環境因子を取り入れた漁況予測モデル 以上の検討を踏まえ，ブリの来遊量予測モデルの作成にあたり，0歳の来遊量指数は環境による影響が見られるものの，加入水準にも大きく依存する。しかし，加入量を予測することが現時点では不可能であることから，0歳の来遊量予測モデルを作成せず，1歳と2歳以上についてモデルを作成することとした。高年齢の来遊量は，同年級の若齢時の来遊量とそれに影響する水温を予測因子としてモデル化を行った。

海域別・年齢別の予測モデルの推定式はTable 3-2-1に示した。なお，モデルにおける水温とは，各年齢群が加入する年の水温で，1歳と2歳以上の来遊量指数との間にはそれぞれ1年と2年のラグがある。

西部海域の1歳における予測モデルの推定結果と観測値との比較はFig. 3-2-5に示した。0歳の来遊量と秋季の水温を予測因子とした重回帰モデルで，全分散のほぼ50%をモデルによって説明することができた。観測値に比べて予測値の変動が若干小さいが，両者の変動傾向はよく一致した。一方，西部海域の2歳以上の来遊量については，0歳と1歳の来遊量と冬季の水温による重回帰モデルは全分散の77%を説明でき，予測値と観測値はよく一致した（Fig. 3-2-6， $R^2=0.77$ ）。さらに，北部2歳以上のブリの南下回遊の効果を考慮すると，モデルの再現性がより高くなった（図略， $R^2=0.83$ ，Table 3-2-1 case 2を参照）。

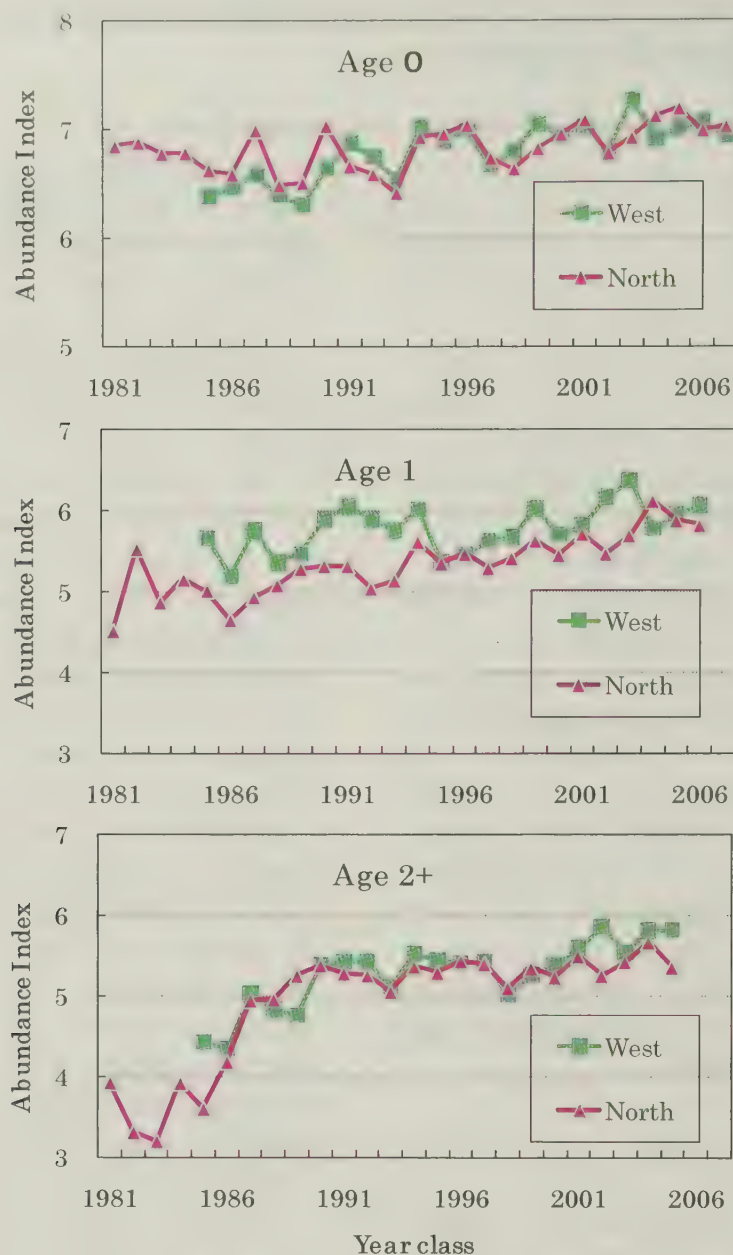


Fig. 3-2-1. 年齢別・海域別の発生年級群の来遊量指数の変化。
Changes in abundance index of yellowtail year class by age group
for the western (green line) and northern (red line) regions.

北部海域の1歳について、北部の0歳の来遊量と北部の夏期水温による重回帰モデルは1980年代の後半の数年若干再現性が劣るが、それ以外の年ではほぼ観測値と一致した (Fig. 3-2-7)。また、北部の2歳以上については、0歳と1歳の来遊量および水温による重回帰モデルは全体的に観測値と傾向がほぼ一致したが、年によっては予測値の変動が大きく、観測値と乖離していることも見られた (Fig. 3-2-8)。そこで、北部の0歳の来遊量を除いたケースおよび西部の

0歳の来遊量を考慮したケースをそれぞれ検討したが (Table 3-2-1 case 2-3を参照)、モデルの再現性がよくなったものの、特に1980年代についてモデルの予測値と観測値の不一致が改善されなかった。

考 察

原 (1990) と北原, 原 (1990) では隣接する定置網のデータを用いて、日本海に来遊するブリの来遊量指

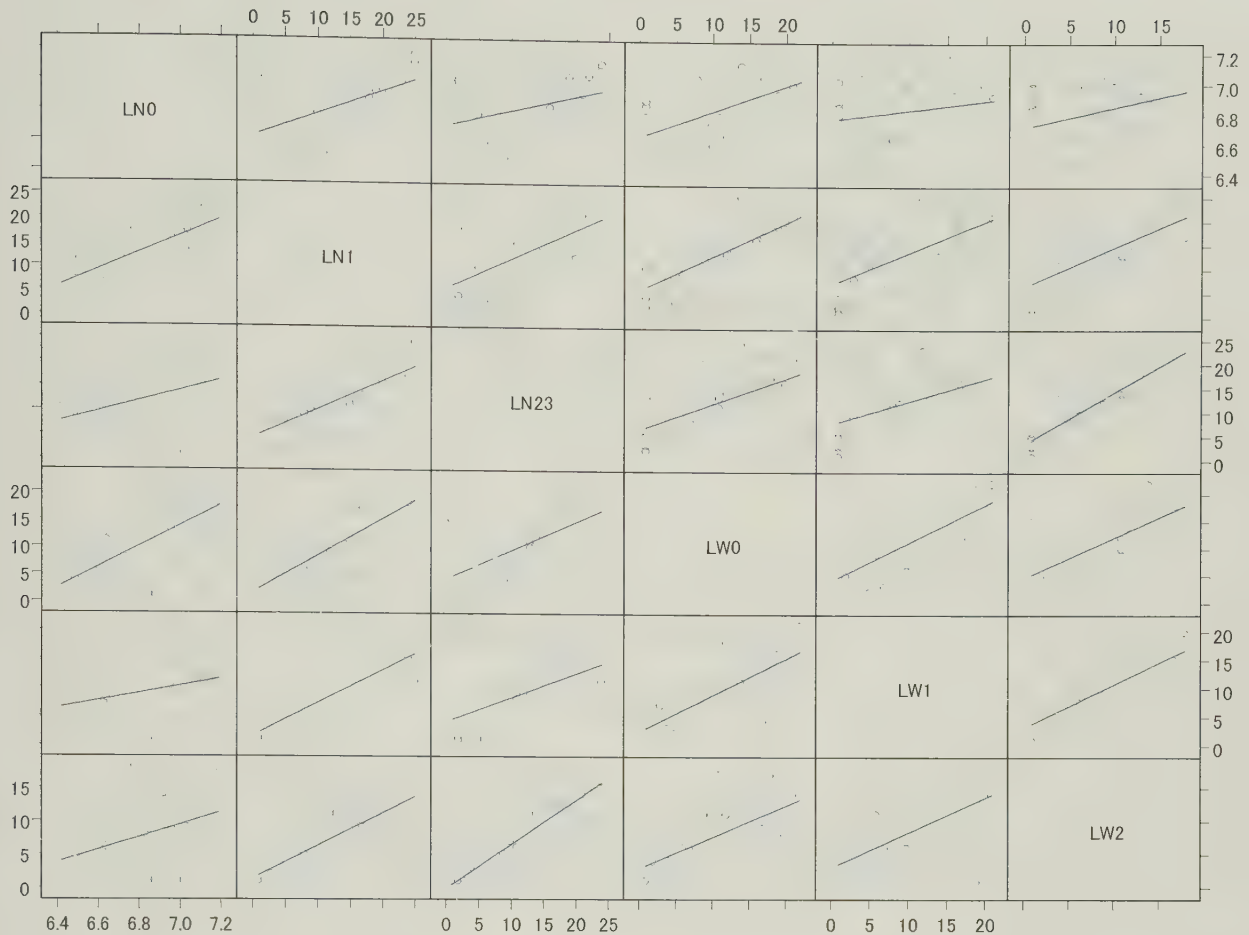


Fig. 3-2-2. 年齢別・海域別の来遊量指数間の相関行列。LN0 (LW0), LN1 (LW1) と LN23 (LW2) はそれぞれ北部 (西部) の0歳, 1歳と2+歳の来遊量指数を表す。

Correlation matrix between abundance indices of yellowtail. LN0 (LW0), LN1 (LW1) and LN23 (LW2) indicate abundance index for age 0, age 1 and age 2+ in the northern (western) area, respectively.

数を提案した。しかし、それが隣接する定置が同様な変動傾向を示すことが前提としており、実際には定置網の漁況は海域およびブリの年齢によって大きく異なる。ここでは、単純に年齢別の漁獲尾数の対数値をもって、ブリの来遊量を指数化した。本研究では、回遊・分布パターンを考慮して日本海を西部と北部に分けて来遊量指数を算出した(渡辺ら, 本稿1-(2))。年齢別・海域別の来遊量指数が、海域別・年齢別の漁獲尾数から簡単に求められるので、年齢間・海域間の比較が容易で実用であると考えられる。

各年齢の来遊指数は水温および若年齢の来遊量に大きく関係することが明らかになったことで、水温および0歳の来遊量指数を考慮した重回帰モデルを作成し、1歳または2歳以上のブリの来遊量を環境要因および0歳の来遊量から予測することができることを示した (Table 3-2-1)。ブリの漁況に与える冷水の影響

については古くから指摘されている (小川, 1976)。本研究でも、来遊量指数と冷水域面積の間に有意な相関関係が見られた (Table 3-1-2) ことから、冷水域の指数を来遊量予測モデルの因子として用いることが可能だが、冷水域面積のデータが水温より入手困難である上、中長期的に冷水域の変動が水温と相関する (加藤ら, 2006) ことから、モデルの実用性を考え、環境因子として水温に限定した。

1歳の来遊量予測モデルによる予測値は、北部西部ともに比較的良好に観測値と一致した (Fig. 3-2-5, Fig. 3-2-7)。1歳のブリは、3歳以上のブリと異なり、産卵場へ大規模な南北回遊をせず、加入した水域周辺に留まるので (奥野ら, 本稿1-(1)-2)), その来遊量は、加入した0歳の来遊量および水温によって大きく規定されると考えられる。本研究で作成した1歳魚の予測モデルは、0歳の来遊量および前年の水温を指

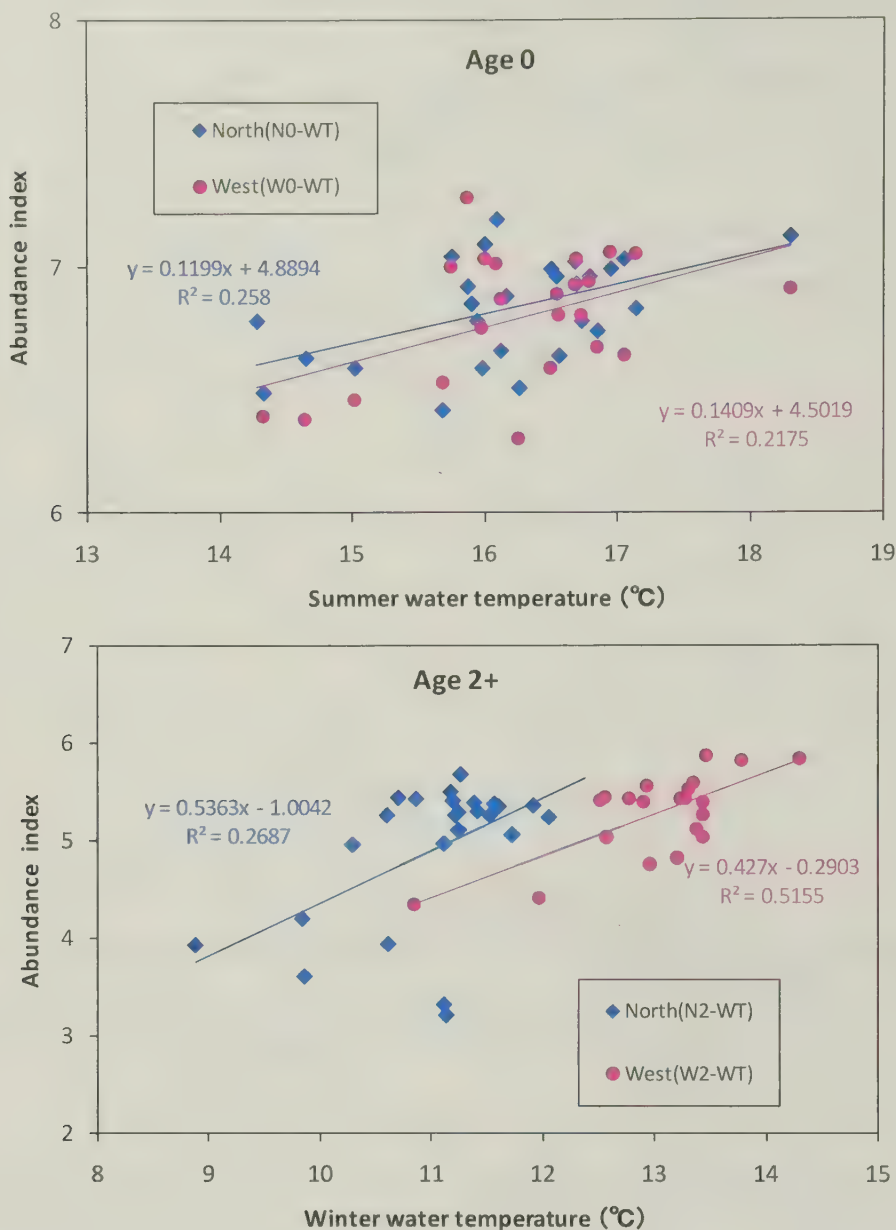


Fig. 3-2-3. 来遊量指数と水温の関係（上：0歳；下：2+歳）。赤丸と青菱形はそれぞれ西部と北部と表し、その回帰直線と回帰式を図示した。

Relationships between abundance index by age group and water temperature. (Top panel: age 0; low panel: age 2+). The red cycles and blue diamonds indicate plots between abundance index in western (W0, W2) and northern (N0, N2) areas, with water temperatures (WT), respectively. Regression line and equation are shown.

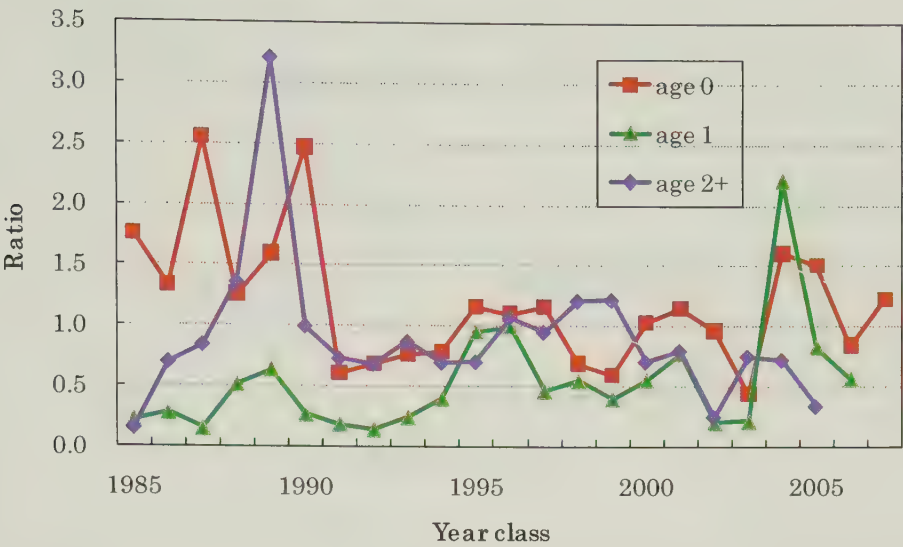


Fig. 3-2-4. 年齢別の海域配分率（西部海域に対する北部海域の割合）の変化。
Change in the ratio of northern area to the western area in the catch of yellowtail
by age group during 1985-2007.

Table 3-2-1 年齢別海域別ブリ来遊量予測モデルの推定式一覧
List of estimated model equations for yellowtail by age group and area

Area	Age	Model Equations	R ²	Notation
Western	1	W_AI_1 = 0.573W_AI_0 + 0.124WT_autT - 0.394	0.46	
	2+	W_AI_2 = 0.829W_AI_0 + 0.106W_AI_1 + 0.275WT_winW - 4.538	0.769	Case 1
	2+	W_AI_2 = 0.502W_AI_0 + 0.232W_AI_1 + 0.377N_AI_2 + 0.131WT_winW - 3.111	0.833	Case 2 (included Age 2+ of northern area)
Northern	1	N_AI_1 = 0.693N_AI_0 + 0.159WT_sumN - 1.963	0.437	
	2+	N_AI_2 = 0.422N_AI_0 + 0.891N_AI_1 + 0.382WT_yeaN - 2.254	0.441	Case 1
	2+	N_AI_2 = 0.739N_AI_1 + 0.389WT_winT - 3.633	0.441	Case 2 (excluded age 0)
	2+	N_AI_2 = 0.607W_AI_0 + 0.128N_AI_1 + 0.311WT_winW - 0.3697	0.606	Case 3 (included age 0 of western area)

W(N)_AI_0(1,2): Abundance index in the Western(Northern) area for age 0(1, 2+) group;
WT_autT: Water temperature at 50m depth in autumn in the Japan Sea;
WT_winW: Water temperature at 50m depth in winter in the western Japan Sea
WT_sumN(WT_yerN): Water temperature at 50m depth in summer (yearly average) in the northern Japan Sea

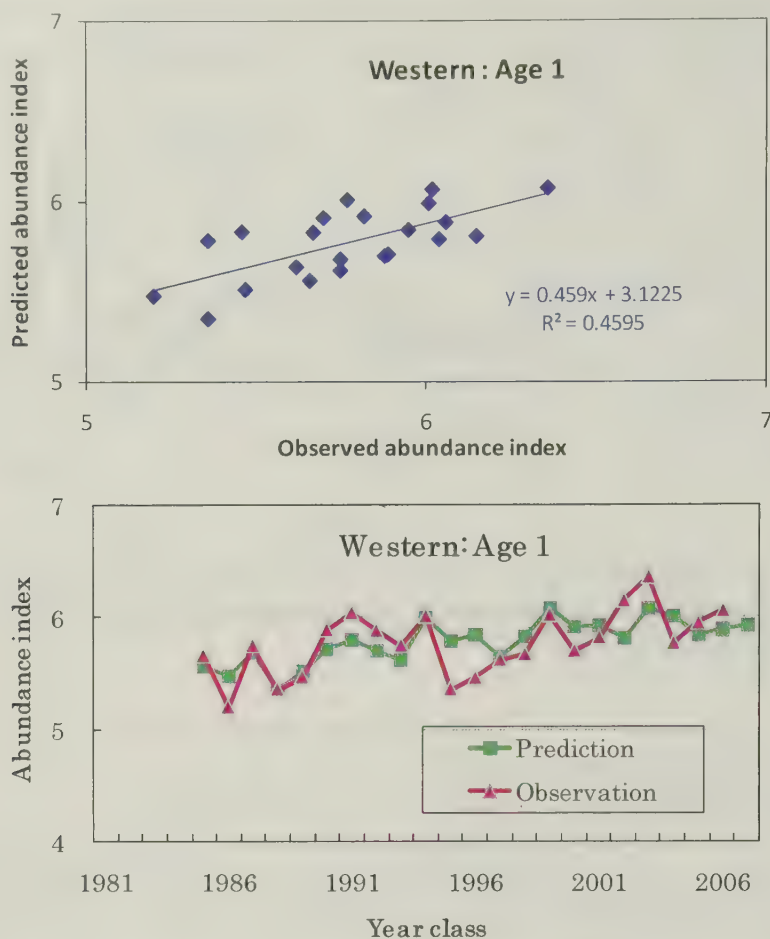


Fig. 3-2-5. 西部海域の1歳の来遊量における観測値とモデル推定値の関係 (上:プロット;下:時系列)

Relationship between (top panel), and time series in (low panel) the predicted and observed abundance index for age 1 group of yellowtail in the western part of Japan Sea.

標として、1歳の来遊量にある程度予測することができるので、漁況の予測に役立つ。一方、2歳魚の予測モデルでは、特に西部の方は、観測値をよく再現している (Fig. 3-2-6)。このことは、0歳および1歳の漁獲量および1年前の水温がわかれば、翌年の2歳以上のブリの来遊量を精度良く予測することが可能である。なお、西部に比べ、北部の2歳以上の予測モデルの再現性は低かった (Fig. 3-2-8)。その原因の一つは、西部に比べて北部の方がレジームシフトの影響をより大きく受けることによると考えられる。レジームシフトによって、能登半島を境に分布パターンが大きく異なる。寒冷レジームでは、西部海域に対する北部海域の割合は (Fig. 3-2-4) 0歳の高い値に比べて、1歳以上では低くなっている。寒冷レジームにおける越冬可能域の減少は、北部海域における1歳および2歳以

上の来遊量に影響し、モデルの再現性を妨げたと考えられる。従って、理想的には環境レジームに応じてモデルを作成すれば、再現性がより向上すると考えられるが、本研究で用いているデータは概ね温暖レジームに相当し、寒冷レジームの期間を十分カバーできていないから、寒冷レジームでの再現性が低くなった原因の一つであると考えられる。

0～1歳のブリは加入した海域周辺に留まり大きな回遊を行わないと対照に、3歳以上のブリが産卵場へ大規模な南下回遊を行うことが明らかになった (井野ら, 2008; 奥野ら, 本稿1-(1)-2))。西部海域の2歳以上の予測モデルでは、北部海域からの大型ブリの南下回遊の影響を考慮したケースでは、その再現性がより高くなった (Table 3-2-1, 西部 case 2を参照)。しかし、大型ブリの南下回遊が非常に速いので、実際に北

部の2歳以上のブリの来遊量をもって西部のブリの漁況を予測することが実際には困難である。なお、本研究では予測モデルにおける水温はいずれも0歳の加入時の水温としているが、実際には漁況の形成はその年の海況にも影響されることから、その年の水温を考慮したモデルも作成して検討したところ、モデルの再現性は、加入時の水温を指標としたモデルより改善されなかったため、現行モデルは加入時の水温を指標として妥当であると判断した。

環境要因を指標とした漁況の予測モデルでは、日本海のソデイカについて Miyahara *et al.* (2005) は水温、塩分および海面高度を予測指標として、日本海に来遊するソデイカの CPUE を予測する重回帰モデルを作成し、高い実用性が示唆された。ソデイカは単年性で、CPUE は加入量と海況に大きく依存する。一方、ブリの場合は、来遊量の予測には、0歳の加入量の変動以

外に、年齢による回遊分布のパターンの違いおよび海況を考慮することが不可欠であるので、予測モデルは複雑になりがちである。しかし複雑なモデルには、必要なデータとパラメータ数が多くなり、実用性が乏しくなる。本研究で示したブリの予測モデルは、ブリの生活史特性、特に近年明らかになったブリの年齢別回遊・分布の最新知見を考慮しながら、必要な予測因子を水温と若年齢の来遊量に限定し、実用性を示した。今後は、このモデルの改良と検証をすることが必要である。また、太平洋側のブリの漁況モデルの開発は今後の課題である。

謝 辞

本研究で用いられた日本周辺海域の SST データセットは海洋情報センター (MIRC) の友定彰博上によ

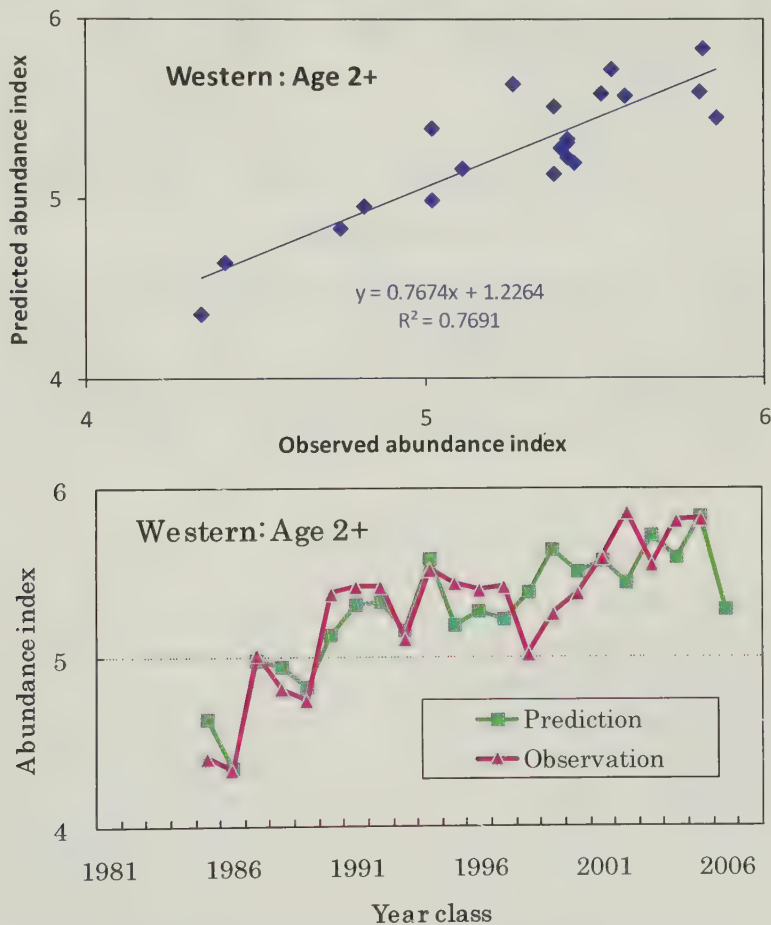


Fig. 3-2-6. 西部海域の2+歳の来遊量における観測値とモデル推定値の関係 (上:プロット;下:時系列)
Relationship between (top panel), and time series in (low panel) the predicted and observed abundance index for age 2+ group of yellowtail in the western part of Japan Sea.

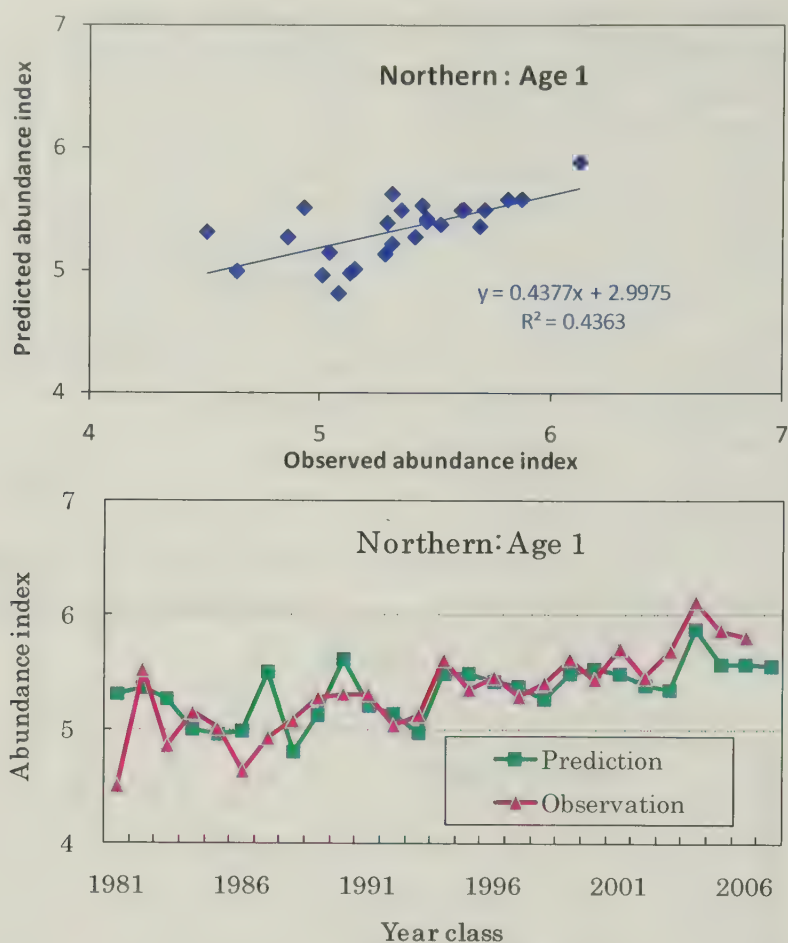


Fig. 3-2-7. 北部海域の1歳の来遊量における観測値とモデル推定値の関係（上：プロット；下：時系列）

Relationship between (top panel), and time series in (low panel) the predicted and observed abundance index for age 0 group of yellowtail in the northern part of Japan Sea.

り提供されたものである。また日本海の水温 GIS マッピング作成については日本海区水産研究所の木所英昭博士から多大な協力と助言をいただきました。

（田 永軍, 渡辺 健, 井野慎吾, 奥野充一, 前田英章, 阪地英男）

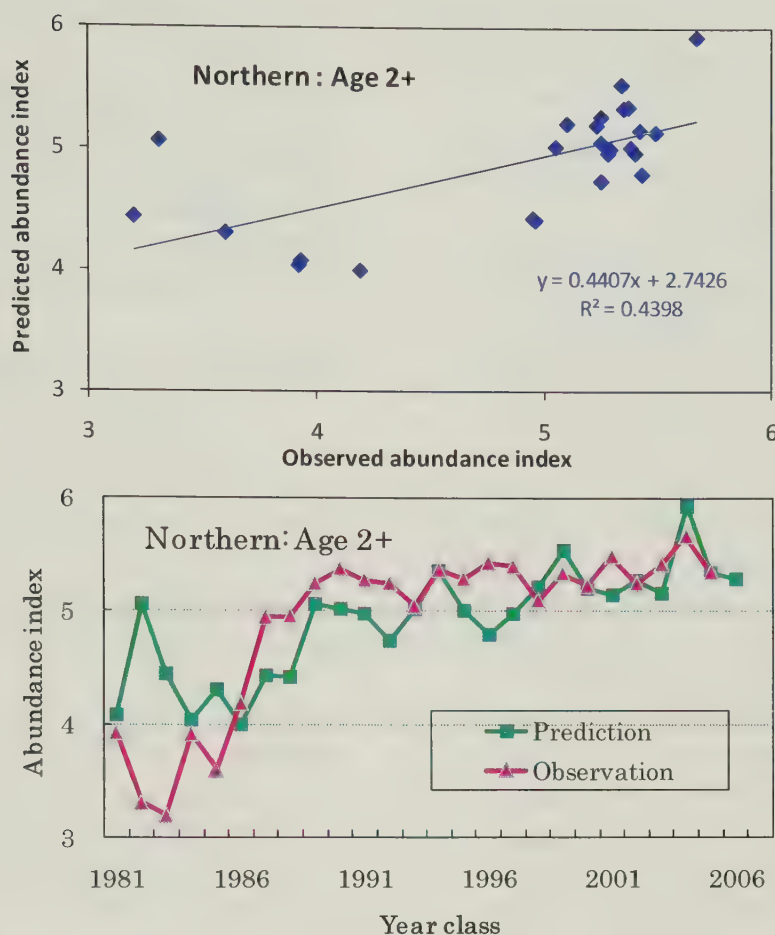


Fig. 3-2-8. 北部海域の2+歳の来遊量における観測値とモデル推定値の関係（上：プロット；下：時系列）
Relationship between (top panel), and time series in (low panel) the predicted and observed abundance index for age 2+ group of yellowtail in the northern part of Japan Sea.

執筆者連絡先

- 田 永軍 (Yongjun Tian) 日本海区水産研究所 〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22 (Japan Sea Natl Fish. Res. Inst., Suido-cho, Chu-ou, Niigata 951-8121 Japan)
- 渡辺 健 (Ken Watanabe) 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)
- 井野慎吾 (Shingo Ino) 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 〒936-8536 滑川市高塚364 (Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Res. Center, Fish. Res. Inst., Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536 Japan)
- 現所属：富山県農林水産部 (present address: Toyama Pref. Agri. Forest. Fish. Division, Shin-Sougawa Toyama, Toyama 930-8501 Japan)
- 奥野充一 (Jun-ichi Okuno) 石川県水産総合センター 〒927-0435 石川県鳳珠郡能登町字宇出津新港3-7 (Ishikawa Pref. Fish. Res. Center, Ushitsu-shinko, Noto, Housu, Ishikawa 927-0435 Japan)
- 前田英章 (Hideaki Maeda) 福井県水産試験場 〒914-0843 敦賀市浦底23-1 (Fukui Pref. Fish. Exp. Station, Urazoko Tsuruga, Fukui 914-0843 Japan)
- 阪地英男 (Hideo Sakaji) 中央水産研究所 〒236-8648 横浜市金沢区福浦2-12-4 (Natl Res. Inst. Fish. Sci, Fukuura, Kanazawa, Yokohama 236-8648 Japan)

文 献

- 有元 操, 津崎龍雄, 宿輪 仁, 1987: プリの親魚養成と自然産卵, 栽培技研, **16**, 63-79.
- 浅見忠彦, 花岡藤雄, 松田星二, 1967: 産卵および発生初期の生態ならびにモジャコの標識放流に関する研究. モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究. 農林水産技術会議成果シリーズ, **30**, 1-61.
- 原 哲之, 1990: 日本海沿岸域におけるブリ成魚漁獲量の年変動について. 日水誌, **56**, 25-30.
- 原 哲之, 村山達郎, 1992: 日本近海におけるブリ来遊量の長期変動. 日水誌, **58**, 2219-2217.
- 原田輝雄, 1966: プリの増殖に関する研究, 近大水研報, **1**, 1-275.
- 井野慎吾, 2005: 1996~2003年に富山湾で漁獲されたブリ成魚の年齢構成. 富山県水産試験場研究報告, **16**, 1-16.
- 井野慎吾, 河野展久, 奥野充一, 2006: 2. 海洋環境と回遊, 「水産学シリーズ148, プリの資源培養と養殖業の展望」, 恒星社厚生閣, 東京, 22-31.
- 井野慎吾, 新田 朗, 河野展久, 辻 俊宏, 奥野充一, 山本敏博, 2008: 記録型標識によって推定された対馬暖流域におけるブリ成魚の回遊. 水産海洋研究, **72**, 92-100.
- 伊東祐方, 1959: 丹後伊根浦の冬ブリ漁況の長期変動について. 日水研報, **5**, 29-37.
- 加藤史彦, 渡辺和春, 1985: 日本海におけるブリ資源の利用実態とその改善. 漁業資源研究会議報, **24**, 99-117.
- 加藤 修, 中川倫寿, 松井繁明, 山田東也, 渡邊達郎, 2006: 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海および対馬海峡における水温の長期変動, 沿岸海洋研究, **44**, 19-24.
- 河合智康, 1967: プリの年齢と成長. 農林水産技術会議研究成果, **30**, 86-99.
- 木村喜之助, 1952: プリの産卵場・産卵期に関するブリ卵巣の調査. 東北区水産研究所研究報告, **1**, 54-62.
- 木幡 孜, 1986: プリ太平洋系群成魚の長期減少傾向について. 日水誌, **52**, 1181-1187.
- 古藤 力, 1985: Mode の季節移行から見たブリ *Seriola quinqueradiata* Temminck et Schlegel の年間生長量. 南西外海の資源・海洋研究, **1**, 7-12.
- 久野正博, 2004: プリ資源の長期変動特性と気候のレジームシフト. 黒潮の資源海洋研究, **5**, 29-37.
- 久野正博, 阪地英男, 2005: アーカイバルタグから得られた熊野灘周辺海域におけるブリ成魚の遊泳行動. 2005年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 25-25.
- 久野正博, 阪地英男, 2006: 2004年3月に熊野灘で行ったアーカイバルタグ放流調査. 黒潮の資源海洋研究, **7**, 81-87.
- 栗田晋, 1961: プリの漁況と海況に関する統計的研究. 東海区水産研究所研究報告, **31**, 1-130.
- Mitani, F., 1958: Studies on the maturity and spawning of the ywllow tail, *Seriola quinqueradiata* T. & S., found in the Japanese waters and their adjacent regions. III. Biological minimum size. Japan. J. Ecol., **8**, 99-101.
- 三谷文夫, 1960: プリの漁業生物学的研究, 近畿大学農学部紀要, **1**, 81-300.
- Miyahara, K., T. Ota, N. Konho, Y. Ueda and J.R. Bower, 2005: Catch fluctuations of diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan and models to forecast CPUE based on analysis of environmental factors. Fisheries Research, **72**, 71-79.
- Munekiyo, M., Sinoda, M., and Sugimura, O., 1982: A possibility of fish age estimation by means of a replica of vertebral centrum. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 1371-1374.
- 村山達郎, 1988: 最近の日本海のブリ資源について. 日本海ブロック試験研究集録, **12**, 29-37.
- 村山達郎, 1992: 日本海におけるブリの資源生態に関する研究. 島根県水試研報, **7**, 1-64.
- 小川嘉彦, 1976: 島根冷水の変動とブリ漁況—「定置網ブリ漁況予報のための簡単な試み」の再検討—. 水産海洋研究会報, **29**, 1-6.
- Okata, A., 1976: Ecological studies on the biological production of young amberfish community in the Sendai bay—III, Movement of the young amberfish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 1101-1113.
- Rodionov, S.N., 2004: A sequential algorithm for testing climate regime shifts. Geophys. Res. Lett., **31**, L09204.
- 千手知晴, 渡辺俊輝, 繁永祐司, 2003: 日本海山陰沿岸水温にみられる十年スケールの変動. 月刊海洋, **35**, 59-64.
- Siegel, S., & Castellan, N. J., 1988: Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2nd ed.), McGraw-Hill, New York

- Shoji J. and Tanaka M., 2006: Growth-selective survival in piscivorous larvae of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*: early selection and significance of ichthyoplankton prey supply. Mar. Ecol. Prog. Ser., **321**, 245-254.
- 田中昌一, 1972a: 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊 - I, 放流・再捕結果. 日本水産学会誌, **38**, 29-32.
- 田中昌一, 1972b: 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊 - II, 漁獲統計, 体長組成からの検討. 日本水産学会誌, **38**, 93-96.
- 田中昌一, 1973: 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊 - III, 戦前の資料についての検討. 日本水産学会誌, **39**, 17-23.
- 田中昌一, 1975: 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊 - IV, 相模湾およびその周辺における移動. 日本水産学会誌, **41**, 423-427.
- Tanaka Y., Satoh K., Iwahashi M. and Yamada H., 2006: Growth-dependent recruitment of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* in the northwestern Pacific Ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser., **319**, 225-235.
- Tian, Y., H. Kidokoro, T. Watanabe and N. Iguchi, 2008: The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsushima Warm Current in the Japan/East Sea: evidence from historical data and possible mechanisms. Progress in Oceanography, **77**, 127-145.
- 田 永軍, 阪地英男, 2010: H21年度ブリの資源評価. 平成21年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第2分冊, 1010-1037. 水産庁・水産総合研究センター.
- 友定 彰, 2005: 20世紀初頭と末の日本周辺海域の海上気温と海面水温 - 神戸コレクションと漁海況データセットの比較 -. 沿岸海洋研究ノート, **42**, 111-117.
- 辻 俊宏, 山本敏博, 田 永軍, 斉藤真美, 2006: 能登半島東岸海域で漁獲されたブリ当歳魚の耳石日齢解析. 2006年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 77.
- 辻 俊宏, 田 永軍, 斉藤真美, 2009: 耳石日周輪解析による能登半島周辺海域で漁獲されたブリ当歳魚の成長. 2009年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 87.
- 宇田道隆, 1963: 海洋漁場学. 恒星社厚生閣, 東京, 348pp.
- 上原伸二, 三谷卓美, 石田実, 1998: 東シナ海におけるブリの漁獲と産卵場, 南西外海の資源, 海洋研究, **14**, 55-62.
- 内山 勇, 1997: 日本海のブリ資源. 水産海洋研究, **61**, 310-312.
- 渡辺和春, 1978: 日本海中部海域におけるブリ若齢魚に関する研究. 日水研報告, **29**, 89-102.
- 渡辺和春, 1979: 春・夏期に放流した標識魚の再捕結果からみた対馬暖流水域におけるブリの分布と回遊. 日水研報告, **30**, 131-164.
- 渡邊良朗, 1997: 年齢形質の有効性検討, 「水産動物の成長解析」(赤嶺達郎, 麦谷泰雄編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 17-27.
- 山本敏博, 佐々千由紀, 小西芳信, 2005: 東シナ海におけるブリ属仔稚魚の表層分布と日齢. 2005年度日本水産学会大会講演要旨集, 32.
- 山本敏博, 井野慎吾, 久野正博, 阪地英男, 檜山義明, 岸田達, 石田正行, 2007: ブリ (*Seriola quinqueradiata*) の産卵, 回遊生態およびその研究課題・手法について. 水産総合研究センター研究報告, **21**, 1-29.

水産総合研究センター研究報告

Bulletin of Fisheries Research Agency

編集委員会

編集委員長 和田時夫

編集委員 横山雅仁, 武内智行, 皆川 恵, 中山一郎, 本多 仁, 岸田 達,
鈴木満平, 北川大二, 伊藤文成

平成22年 6 月25日 発行

発行所 独立行政法人 水産総合研究センター

〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3 クィーンズタワー B 15階

Fisheries Research Agency

Queen's Tower B 15F, 2-3-3, Minato Mirai, Nishi-ku, Yokohama, Kanagawa.

220-6115 Japan

<http://www.fra.affrc.go.jp>

発行者 松里壽彦

印刷所 日昇印刷株式会社

ISSN 1346-9894

BULLETIN OF FISHERIES RESEARCH AGENCY

No. **30**
JUNE 2010

Bull. Fish. Res. Agen.

CONTENTS

Report of Project Funded by Fisheries Research Agency

Elucidation of the Relationship between Migration Pattern and Sea Environment, and Prediction Method of Relative Abundance for Yellowtail in the Japanese Waters

Introduction	
Tatsu Kishida	3
1. Elucidation of the Migration Pattern by the Growth Stage in the Sea of Japan	
Introduction	
Takahiro Kinoshita	4
(1) Elucidation of the Distribution and Migration Pattern by the Age	
1) On Migration Group by the Age	
Hideaki Maeda, Ken Watanabe, Shingo Ino and Jun-ichi Okuno	5
2) Swimming Depth and Environment Water Temperature by the Migration Group in the Sea of Japan	
Jun-ichi Okuno, Ken Watanabe, Shingo Ino and Hideaki Maeda	11
(2) Estimation of Ratio in Number by the Age and Migration Group	
Ken Watanabe, Shingo Ino, Hideaki Maeda and Jun-ichi Okuno	17
(3) An Attempt to Clarify the Structure of Main Group of Recruitment along the Coast of Tsushima Warm Current	
Tomoaki Iseki and Kazunori Yoshida	25
2. Elucidation of the Migration Pattern by the Growth Stage in the Pacific Coast of Japan	
Introduction	
Hideo Sakaji	35
(1) On Migration Group by the Age	
Hideo Sakaji, Masahiro Kuno, Tatsuya Kaji, Satoshi Aono and Hirofumi Fukuda	36
3. Elucidation of the Relationship between Migration Pattern and Sea Environment, and Prediction Method of Relative Abundance for Yellowtail in the Japanese Waters	
Introduction	
Yongjun Tian	75
(1) Elucidation of the Relationship between Migration Pattern and Sea Environment	
Yongjun Tian, Ken Watanabe, Shingo Ino, Jun-ichi Okuno, Hideaki Maeda and Hideo Sakaji	76
(2) An Attempt to Forecast Relative Abundance	
Yongjun Tian, Ken Watanabe, Shingo Ino, Jun-ichi Okuno, Hideaki Maeda and Hideo Sakaji	93